

Jouni Pöllänen

## **1970-LUVUN PIENTALON KUNTOARVIO JA KORJAUSMALLI**

# **1970-LUVUN PIENTALON KUNTOARVIO JA KORJAUSMALLI**

Jouni Pöllänen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2016  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma, talonrakennus

---

Tekijä: Jouni Pöllänen  
Opinnäytetyön nimi: 1970-luvun pientalon kuntoarvio ja korjausmalli  
Työn ohjaaja: Martti Hekkanen  
Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: Kevät 2016  
Sivumäärä: 57 sivua + 6 liitettä

---

Tässä opinnäytetyössä tehtiin kuntoarvio 1970-luvulla rakennettuun taloon, tarkasteltiin talossa esiintyvien, rakennusajalleen ominaisten, ns. riskirakenteiden kuntoa sekä suunniteltiin kunnossapito- ja korjaustoimenpiteitä. Yksi tärkeimmistä asioista oli suunnitella uusi lämmitysjärjestelmä teknisen käyttöikänsä loppupäässä olevan öljylämmityksen korvaajaksi.

Työssä esiteltiin tyypilliset 1970-luvun taloissa esiintyvät riskirakenteet. Aistinvaraisesti tehdyn kuntoarvion lisäksi kohteessa tehtiin myös kosteusmittauksia alapohja- ja ulkoseinä- rakenteisiin sekä kuvattiin rakenneliittymiä lämpökameralla. Salaojaputkituksen sijainti ja kunto tarkistettiin kaivamalla putki esiin talon länsipäädyssä. Riskirakenteiden tutkimuksissa ei löytynyt vakavia vaurioita. Merkittävin löydös oli yhden makuuhuoneen lattiarakenteesta löytynyt selvästi ympäristöään kosteampi alue. Sen aiheuttaja jäi vielä selvittämättä, koska lattia-rakennetta ei aukaistu, mutta syyksi arvioitiin putkivuotoa talon alla kulkevassa päävesijohdossa.

Huolto- ja kunnossapitotoimenpiteille todettiin olevan tarvetta monin paikoin. Ulko-ovet ja niiden tiivistykset todettiin huonokuntoisiksi. Myös ikkunoissa havaittiin huoltotarvetta. Kuntoarvion pohjalta laadittuun korjaussuunnitelmaan valittiin uudeksi lämmöntuottojärjestelmäksi maalämpöpumppu. Tätä valintaa tukemaan otettiin suunnitelmaan myös lämmöneristävyttä ja ilmatiiviyttä parantavia toimenpiteitä sekä takkasydämen asentaminen vanhaan avotakkaan.

Rakennuksen lämpöhäviöt, lämmitysenergiantarve ja maalämpöpumpun tuottama lämmitysenergia laskettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 ja lämpöpumppujen energialaskentaoppaan avulla. Laskennalla saatu lämmitysenergiantarve todettiin paljon suuremmaksi kuin kulutustietoihin perustuva todellinen tarve on. Laskennallisen tarkastelun katsottiin kuitenkin antavan oikeasuuntaisen arvion suunniteltujen toimenpiteiden vaikutuksesta talon lämmityksen ostoenergiantarpeeseen. Laskelmien mukaan talon lämmitysenergiakustannukset pienentyisivät suunniteltujen toimenpiteiden vaikutuksesta noin 62 %.

---

Asiasanat: Kuntoarvio, riskirakenne, lämmitysenergiankulutus

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil Engineering, House Building Engineering

---

Author: Jouni Pöllänen

Title of thesis: Condition Survey and Repair Plan of a 1970s Detached House

Supervisor: Martti Hekkanen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2016

Number of pages: 57 + 6 appendices

---

This thesis focuses on a condition survey the author made for a house built in the 1970s. It examines closely the condition of so called risky structures typical for houses built in the era. The thesis also lays out a plan for maintenance and repairs. An important further aspect of the study was to make recommendations for replacing an oil heating system with a new heating solution.

This study discusses typical risky structures in houses built during the 70s. In the examined house the humidity was measured in floors and exterior wall structures besides an assessment based on visual and olfactory observations. A thermographic camera was used to expose any heat leaks in the structure joints. Drainage pipes were checked by digging a hole in the ground to the west side of the house. Assessment of the structures with high risk potential did not reveal any severe damages. The most significant discovery was a small area in a bedroom floor structure with remarkably high moisture level if compared to the surrounding areas. The source for the excessive moisture was not specified during the study, but it was assumed to be a leak in the main water pipe underneath the house.

It was discovered that maintenance and repair would need to be done in several areas of the house. These included attending the poor shape of exterior doors and windows. A plan for repairs and maintenance was made. It included replacing the oil heating system with a new ground source heat pump. To make geothermal heating appropriate for the house, also improvements in thermal and wind insulation were recommended. Furthermore the plan included adding an insert in an existing fireplace.

The overall heat loss from the building, the heat energy demand and the heat energy volume generated by the ground source heat pump were calculated according to The National Building Code of Finland, section D5 and heat pump energy calculation guide. The calculation result for the heat energy demand proved to be much greater than the actual consumption. Still the calculatory examination was supposed to give a fair enough estimation about the impact of the planned operations on the heat energy usage and required energy to be purchased. According to calculations, as a result for these operations, the annual heat energy cost would be decreased by 62 %.

---

Keywords: Condition survey, risky structure, heating energy consumption

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	7
2 KUNTOARVIOSYSTEMATIikka	9
3 RISKIRAKENTEET 1970-LUVUN PIENTALOISSA	11
3.1 Perustukset	12
3.2 Alapohja	13
3.3 Ulkoseinät	14
3.4 Yläpohja ja vesikatto	16
3.5 Ikkunat ja ulko-ovet	17
3.6 Märkätilat	18
3.7 Kylmiö	19
4 TUTKIMUSKOHTTEEN KUNTOARVIO	20
4.1 Tutkimuskohteen korjaushistoria	21
4.2 Kohteen kunto rakennusosittain	21
4.2.1 Perustukset ja rakennuspohjan kuivatus	22
4.2.2 Alapohja	25
4.2.3 Ulkoseinät	28
4.2.4 Ikkunat ja ovet	34
4.2.5 Yläpohja ja vesikatto	35
4.2.6 Märkätilat	36
4.2.7 LVIS	37
4.2.8 Piharakenteet	38
5 KORJAUSTOIMENPITEET	39
5.1 Vaihtoehtojen pohdinta	39
5.1.1 Pakolliset huolto- ja korjaustoimenpiteet	39
5.1.2 Rakenteiden kosteusvaurioriskiä pienentävät toimenpiteet	40
5.1.3 Energiataloudellisuutta parantavat toimenpiteet	41
5.2 Suunnitelmaan valitut toimenpiteet	43
5.3 Kustannusten arviointi	44

6	KANNATTAVUUDEN ARVIOINTI	46
7	YHTEENVETO	51
	LÄHTEET	55
	LIITTEET	57

# 1 JOHDANTO

Maassamme on noin 1,1 miljoonaa omakotitaloa. Ne edustavat merkittävää osaa Suomen kansallisesta varallisuudesta. Yleensä talon hankkiminen on omistajilleen elämänsä suurin rahallinen sijoitus. Ajan myötä tuon sijoituksen arvo muuttuu johtuen monista tekijöistä. Yksi hyvin merkittävä tekijä on se, kuinka hyvin talon kunnosta on pidetty huolta. Tietysti sen merkitys ilmenee ensisijaisesti rakennuksen käytettävyydessä mm. asumisviihtyisyyden, -terveellisyyden ja todennäköisesti myös maltillisten energiakustannusten kautta. Talon rahallisen arvon säilyminen mahdollistuu siinä samalla.

Talon kunnosta kannattaisi pitää huolta järjestelmällisellä seurannalla, suunnittelulla sekä säännöllisesti tehtävillä huolto- ja korjaustoimenpiteillä. Näin voitaisiin välttyä tilanteelta, jossa useita kiireellisiä korjaustarpeita kasaantuisi samaan aikaan suoritettaviksi. Monet viat ja vauriot voivat huomioimattomina ajan myötä laajentua ja aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia. Säännöllisellä kuntoisuuden tarkastelulla nämä ongelmat voitaisiin löytää ajoissa ja korjata helposti kuntoon ennen tilanteen pahenemista. Järjestelmällisellä kunnossapidolla säästettäisiin kustannuksissa pitkällä aikavälillä.

Säännöllisesti tehtävien pienten huolto- ja kunnostustöiden lisäksi talon ylläpidossa tulee vääjäämättä vastaan myös suuria korjaustarpeita. Talon tekniset järjestelmät eivät ole ikuisia ja jossain vaiheessa niiden järkeenkäypä teknis-taloudellinen käyttöikä tulee täyteen. Esimerkiksi vanhan talon lämmitysjärjestelmä voi olla niin kulunut, ettei pelkkä huoltaminen ja yksittäisten osien vaihtaminen enää riitä, vaan se on vaihdettava kokonaan uuteen. Järjestelmän tekniikka voi myös olla vanhentunutta ja nykyvaatimusten valossa epäedullinen käyttää.

Vanhoissa taloissa todetaan valitettavan usein myös rakennusaikaisista puutteista ja rakennusvirheistä aiheutuneita kosteus- ja homevaurioita. Ne ovat seurausta kullekin aikakaudelle ominaisista rakennustavoista sekä suunnittelu- ja

rakeneratkaisuista, joita ei silloin osattu epäillä ongelmallisiksi. Vasta myöhemmin asia on ymmärretty, kun lukuisista taloista on löydetty näiden ns. riskirakenteiden vaurioita. Suurimmassa osassa tapauksista kyse on rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen liittyvistä puutteista ja niiden seurauksena syntyneistä kosteusvaurioista. Riskirakenne ei välttämättä aina ole vaurioitunut pitkään ajankuluessa, mikäli olosuhteet ovat olleet optimaaliset. Pahimmissa tapauksissa vaurio on ollut niin laaja ja rakennusvirhe niiden taustalla niin vaikeasti korjattava, että talon korjaaminen on katsottu taloudellisesti kannattamattomaksi.

Vanhassa talossa voi siis olla melkoinen määrä kunnostettavaa, jos säännöllisten kunnossapitotoimenpiteiden lisäksi korjattavaksi lankeaa myös vanhojen rakennusvirheiden takia vaurioituneita rakenteita. Toimenpiteiden määrän kasvaessa kustannukset nousevat ja kokonaisuudenhallinta monimutkaistuu. Rakennus on erilaisten rakenteiden ja teknisten järjestelmien muodostama kokonaisuus, jossa nämä osatekijät ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Tämä on otettava huomioon korjaustöiden suunnittelussa. Kustannusten noustessa halutaan myös olla varmoja siitä, että toteutukseen valitut toimenpiteet ovat kannattavia.

Asutuksen keskittyessä yhä enemmän suuriin kaupunkeihin muuttuu monen syrjäisemmällä seudulla sijaitsevan talon sijainti epäedulliseksi sen arvon kehityksen kannalta. Ääritapauksessa syrjäseudulla olevan talon arvo voi sijaintinsa vuoksi olla ja tulla olemaan lähinnä vain käyttöarvo sen viimeisille asukkaille, vaikka tehtäisiin kalliskin remontti.

Tässä insinööriyössä selvitetään erään Kärsämäellä sijaitsevan vuonna 1971 rakennetun pientalon kunto, riskirakenteet ja niiden mahdolliset vauriot sekä huolto- ja korjaustarpeet. Tavoitteena on auttaa talon omistajaa tekemään mahdollisimman viisaita valintoja talon kunnossapidollisia toimenpiteitä suunnitellessaan, ovatpa ne sitten huoltoa, peruskorjausta ja -parannusta tai vauriokorjausta. Pyritään muodostamaan erilaisista toimenpiteistä koostuva korjauskonsepti, jossa huomioidaan eri osatekijöiden toimivuus kokonaisuutena niin asumisen viihtyvyyden ja terveellisyyden kuin energiankulutuksenkin suhteen.



## 2 KUNTOARVIOSYSTEMATIikka

Kuntoarviolla pyritään selvittämään rakennuksen tai sen osan kunto ja korjaustarpeet aistinvaraisin, kokemusperäisin ja pintoja rikkomattomin menetelmin. Siinä tarkastetaan koko talo rakennusosittain sisältä ja ulkoa. Myös perustuksiin, salaojiin ja sade- sekä sulamisvesien pois johtamiseen rakennuksen viereltä kiinnitetään huomiota. Kuntoarvio on tärkeä työkalu rakennusten kunnossapitoa ja korjauskustannusten hallintaa suunniteltaessa. Korjaustarpeet on viisainta kartoittaa ajoissa ja korjata ennen kuin ne aiheuttavat mahdollisesti lisävaurioita. (Myyryläinen 2008, 94–95; Hekkanen 1994, 3, 8.)

Omakotitalon omistajan olisi syytä tehdä talolleen kuntoarvio säännöllisesti, jopa vuosittain. Näin hän pysyisi tietoisena talonsa kunnosta ja lähivuosina tehtävistä korjauksista. Talon kunnosta huolehtiminen ei edellytä erikoisosaamista, eli hän voisi siis tehdä kuntoarvion itse ja hyödyntää ammattilaisen apua tarvittaessa. Säännöllisesti suoritettavan kuntoarvioinnin kautta on mahdollista havaita tulevat korjaustarpeet ajoissa, suunnitella aikatauluja ja varautua niihin taloudellisesti. (Hekkanen 1994, 3, 8.)

Kuntoarvio tehdään yleensä viimeistään asuntokaupan yhteydessä. Sekä myyjän että ostajan on hyvä tietää kaupan kohteena olevan asunnon/talon kunto ennen kaupan sopimista. Kuvassa 1 on esitetty asuntokaupan yhteydessä tehtävän kuntotarkastuksen eteneminen. (Hekkanen 1994, 8; KH 90-00394.)



*KUVA 1. Kuntotarkastuksen vaiheet ohjekortin KH90-00394 mukaisesti*

Kuntoarviossa voi ilmetä asioita, jotka vaativat tarkempaa tutkimista mutta eivät ole kuntoarvion keinoin selvitettävissä. Tällöin turvaututaan kuntotutkimukseen. Siinä perehdytään yksityiskohtaisesti ja monesti myös pintaa syvemmltä tutkittavaan rakennusosaan, järjestelmään tai laitteeseen. Toisin kuin laaja-alaisesti tarkastellen tehtävä kuntoarvio on kuntotutkimus puolestaan tiettyä erikoisosaamista tekijältään vaativa toimitus. Kuntotutkimuksen tuloksia hyödynnetään korjaussuunnittelussa. (Myyryläinen 2008, 102.)

### 3 RISKIRAKENTEET 1970-LUVUN PIENTALOISSA

Pientalorakentaminen muuttui voimakkaasti 1960- ja 1970-luvuilla. Uudenlaisia materiaaleja ja rakenneratkaisuja otettiin käyttöön nopeassa tahdissa. Puurankorakenteisten seinien eristeenä alettiin käyttää pääasiassa mineraalivillaa ja sen myötä höyrynsulkumuovi vakiintui olennaiseksi osaksi rakennuksen ulkovaippaa. Myös talotekniikkaa alkoi olla saatavilla yhä enemmän, kuten mm. keskuslämmitysjärjestelmät, jotka yleistyivät uusissa pientaloissa 1970-luvun alusta lähtien. Kaiken kaikkiaan rakennukset monimutkaistuivat aikaisempiin verrattuna. Näiden uusien materiaalien ja rakenneratkaisujen kestävydestä ja mm. kosteusteknisestä toimivuudesta ei ollut käytännön tietoa. (Kääriäinen - Rantamäki - Tulla 1998, 20; Lahtinen 2014, 17; Moilanen 2011.)

Rakentamisen etäännyttämisestä totutusta mallista lisäsivät myös arkkitehtoniset ihanteet, joiden myötä alettiin rakentaa matalia, laatikkomaisia taloja. 1970-luvulla rakennetuissa pientaloissa onkin yleensä erittäin matalalle, jopa maanpinnan tasoon, asemoitu maanvarainen lattiarakenne. Katto on loiva harja- tai tasakatto hyvin lyhyillä tai täysin olemattomilla räystäillä. Salaojitusta ei monesti tehty lainkaan tai siitä tuli huonosti toimiva virheellisen toteutuksen vuoksi. (Moilanen 2011, 17, 19.)

Rakentamisen muuttuessa nopeasti ja vieläpä monella osa-alueella tarjoutui tilaisuuksia virheiden tekemiseen. Uudenlaisten materiaalien ominaisuuksia ei tunnettu entuudestaan, mutta kuitenkin niitä käytettiin rakenneratkaisuissa, jotka myös olivat vieraita aiempiin verrattuna. Esimerkiksi kosteutta sitomattomat uudet eristeet vaativat rinnalleen höyrynsulkumuovin, jota ei aina osattu asentaa oikein tai oikeaan paikkaan rakenteessa. Aluksi käytettiin yleisesti ihan tavallista rakennusmuovia, joka saattoi haurastua hajalle jo alle kymmenessä vuodessa. Vasta käytännön kokemuksen myötä opittiin, miten uudenlaiset materiaalit ja rakenteet toimivat. Rakennuslainsäädäntökään ei pysynyt täysin kehityksen mukana. Pikaisessa tahdissa, ilman riittävää kokemukseräistä tietoa, tehtiin säädöksiä ja suosituksia, joista osa on todettu myöhemmin virheellisiksi. Monet

viime vuosien homeongelmaisista taloista on rakennettu aikansa säädöksiä ja tietämystä noudattaen. (Kaila 1997, 487; Lahtinen 2014, 17–18.)

### 3.1 Perustukset

1970-luvun pientaloille on ominaista hyvin matalalle asemoitu alapohjan korkeus. Lattian, seinän ja sokkelin liittymän lämpötekniistä toimivuutta pyrittiin parantamaan ulottamalla seinärakenteen eristekerros mahdollisimman alas, usein lattian eristekerroksen alapuolelle. Rakennuksen ulkonäöllisten seikkojen vuoksi haluttiin kuitenkin säilyttää sokkeli näkyvänä maan pinnan ja ulkoverhouksen alareunan välissä. Tämän mahdollisti ns. valesokkelirakenne, jossa seinän alaosassa näkyy ulkoa päin katsottuna betonista valettu sokkeli, vaikka sen takana onkin kantava seinärakenne eristeineen, ulottuen jopa maanpinnan alapuolelle. Yleensä kantava seinärakenne tehtiin puurunkoisena. Rungon alaohjauspuu ja pystypuiden alaosat ovat valesokkelirakenteissa jatkuvasti voimakkaan kosteusrasituksen armoilla. Näin ollen rakenne on herkkä home- ja lahovaurioille. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997, 102; Moilanen 2011, 17–18.)

Kyseisissä rakenneratkaisuissa on ilmennyt paljon kosteusvaurioita johtuen mm. puutteellisesta sade- ja sulamisvesien johtamisesta pois rakennuksen ympäriltä, virheellisesti toteutetusta tai täysin tekemättä jätetystä salaojituksesta sekä puutteellisesta kapillaarikatkosta betonivalun ja perusmaan välissä. Kattovedet on usein ohjattu syöksytorvista suoraan rakennuksen vierustalle sokkelia kastelemaan. Vedeneristyksen puuttuminen sokkelista on mahdollistanut kosteuden kapillaarisen imeytymisen rakenteisiin. Maatäyttö sokkelin alle on yleisesti tehty hienosta hiekasta, joka ei kunnolla katkaise kapillaarista veden nousua perusmaasta. Perustusten routasuojauksista ei aina ole tehty lainkaan ja, jos on, se on nykytietämyksen valossa puutteellinen. Sokkeliin tai pohjavalun reunavahvistukseen mahdollisesti tehty eristehalkaisu on voinut kastua edellä mainituista syistä tai se on voinut tulla huonosti asennetuksi paikalleen valun yhteydessä. Halkaisussa käytetty eriste on saattanut homehtua. (Kosteus- ja ho-

mevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 70, 91–95; Kärki - Öhman 2007, 30; Moilanen 2011, 17–18.)

### 3.2 Alapohja

1960-luvulla yleistyi maanvarainen betonirakenne, kun aikaisemmin oli käytetty enimmäkseen tuulettuvaa alapohjarakennetta. Rakennuspohjan täyttösorakeroksen päälle valetun betonilaatan yläpuolelle tehtiin tyypillisesti puukoolattu lattia tai ns. kaksoisbetonilattia, jossa pohjalaatan päälle tulevan eristekerroksen päälle valettiin pintabetonilaatta. Puukoolatun lattian eristeenä käytettiin alkuun sahanpurua ja myöhemmin mineraalivillaa. Kaksoisbetonilattioissa eristeenä käytettiin 1960-luvulla lastuvillalevyä (Toja-levy) ja myöhemmin jäykkää mineraalivillaa ja polystyreenieristettä (Styrox). Alemman betonilaatan pintaan tehtiin yleensä bitumisively kosteuseristeeksi. (Kääriäinen - Rantamäki - Tulla 1998, 21; Kärki - Öhman 2007, 27–30.)

1970-luvulla käytettiin bitumin tilalla myös rakennusmuovia, joka asemoitiin yleensä alemman betonilaatan alapuolelle, mutta joskus myös sen yläpuolelle tai ylemmän laatan alle. Heikosti kantaville maapohjille perustettaessa valettiin reunavahvistettu alapohjalaatta, jossa yhdistyvät alapohjarakenne ja perustukset. (Kärki - Öhman 2007, 27–30.)

Kaksoislaattalattiassa, kuten muissakin maanvastaisella betonilaatalla toteutetuissa lattiarakenteissa, merkittävimmän riskin rakenteen kosteustekniselle toimivuudelle aiheuttaa alemman betonilaatan alapuolisista maakerroksista laataan siirtyvä kosteus. Laatan alapuolista eristystä ei yleensä ole tehty ja täyttöhiekka tai -sora voi olla kapillaarisesti vettä nostavaa. Riski home- ja lahovaurioille kasvaa, jos puurakenteiset väliseinät on rakennettu pohjalaatan varaan. Seinien alaosat ovat vaarallisen kosteassa tilassa, kosketuksessa maasta kosteutta johtavaan betonilaattaan. Toki joskus on seinän alajuoksun ja laatan väliin asennettu bitumihuopakaista estämään kosteuden siirtymistä. Perustusten routaeristysten puutteista johtuen on massiivinen betonirakenne reuna-alueilla

etenkin talvisin niin kylmä, että huoneilman kosteus voi tiivistyä kylmiin pintoihin. (Kääriäinen - Rantamäki - Tulla 1998, 21, 25–26; Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 70, 91–94; Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 42, 45; Kärki - Öhman 2007, 27–30; Moilanen 2011, 17–18.)

Lattiarakenteen eristetilaan asennetut putkistot ovat myös yksi riskitekijä. Mahdollinen putkivuoto piilossa rakenteen sisällä voi kestää kauan ja levitä laajalle yhtenäisen pohjalaatan päällä ennen kuin se huomataan. Pohjalaatan korkeusasema maan pinnan alapuolella ja puutteellinen maan kallistus rakennuksesta poispäin voivat aiheuttaa sade- ja sulamisvesien valumisen eristetilaan esimerkiksi sokkelin halkeaman kautta. Rakenteen kastuttua olisi oleellista ryhtyä nopeasti kuivaus- ja korjaustoimiin, koska eristetilaan joutuneen kosteuden kuivuminen itsestään on erittäin hidasta ja homeenkasvu voi alkaa jo reilun viikon kuluttua kastumisesta. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 42; Kärki - Öhman 2007, 28; Kääriäinen - Rantamäki - Tulla 1998, 21, 25–26.)

### **3.3 Ulkoseinät**

Tiiliverhous yleistyi pientalojen ulkoseinissä, kun tavoiteltiin arvokkaampaa ulkonäköä ja helpompaa hoidettavuutta verrattuna puuverhoukseen. Usein tiiliverhoukseen yhdistettiin myös puu- ja levymateriaaleja. Rakenteen lämpö- ja kosteusteknisenä ongelmana pidettiin sitä, että massiivinen ja lämpöä varaava muuraus jäi rakenteen kylmälle puolelle. Talvisin tiiliverhouksen kylmään pintaan voi tiivistyä sisätiloista rakenteen läpi kulkeutuvaa kosteutta, varsinkin jos rakenteen sisäpuolella ei ole käytetty tiivistä höyrynsulkua. Tiiliverhouksen sisäpintaan tiivistynyt vesi valuu alas lahottaen seinän puurunkoa. Ongelma on todettu yleiseksi talon varjoisalla puolella, jossa aurinko ei kuivata seinää. Vauriota ei välttämättä ole syntynyt, jos tiiliverhouksen taakse on tehty hyvin tuulettuva ilmapäli. (Kaila 1997, 448–449; Moilanen 2011, 19.)

Näiden seinärakenteiden kosteusvauriot ovat sisätiloista tulevaa kosteutta yleisemmin aiheutuneet rakennuksen ulkopuolelta, muun muassa vesipellitysten kautta seinään vuotaneesta vedestä. Sateella tiiliverhous myös imee voimakkaasti vettä sisäänsä ja johtaa sitä lävitseen muurauksen sisäpinnalle. Jos ulkoverhouksen taakse ei ole jätetty tuuletusrakoa, pääsee kosteus imeytymään suoraan tiilestä tuulensuojalevyyn ja edelleen syvemmälle seinärakenteen sisään. Jos tuuletusrako on tehty, on se usein jätetty liian kapeaksi ja se on voinut myös tukkeutua muurausvaiheessa laastipurseista, jolloin tuulettavuus on heikkoa ja kosteuden poistuminen rakenteesta erittäin hidasta. Muurauksen alareunaan ei aina ole edes järjestetty ilmayhteyttä ulkoilmasta tuuletusrakoon, minkä vuoksi riittäväälle ilman vaihtumiselle ei ole ollut edellytyksiä ja pitkäaikaisen kosteusrasituksen seurauksena rakenteeseen on voinut syntyä home- ja lahovaurioita. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 36; Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 85; Moilanen 2011, 19.)

Sadevettä voi päästä vuotamaan seinän sisään myös ikkuna- ja oviliittymistä, ikkunapeltien ja ulkoverhouksen liitoskohdista sekä eri ulkoverhousmateriaalien rajakohdista. Kunnollisten räystäiden puuttuminen kasvattaa sateen aiheuttamaa räsitusta. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 36; Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 85; Moilanen 2011, 19.)

Valesokkelirakenne kasvattaa kosteusvaurioriskiä merkittävästi. Seinän puurungon alaosat ovat syvällä, jopa ulkopuolisen maanpinnan alapuolella, missä niihin voi kohdistua voimakas kosteusrasitus sekä betonivalun kautta kapillaarisesti kulkeutuvasta maakosteudesta että rakennuksen vierustoille kerääntyneestä sade- ja sulamisvedestä, joka voi päästä imeytymään vedeneristämättömiin perustuksiin. Kastumaan päässyt seinärungon alajuoksu kuivuu erittäin hitaasti, jos lainkaan, kostean betonin ympäröimässä kolossa. Pitkäaikaisen kosteusrasituksen myötä syntyneet home- ja lahovauriot ovatkin olleet yleisiä valesokkelirakenteissa. Vaurio voi olla kauan piilossa rakenteen sisällä ja monesti se huomataan vasta seinä- ja lattiarakenteen liittymästä sisälle vuotavan ilman mukanaan tuomasta hajusta. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuk-

sen korjaus. 1997, 36–37; Kärki - Öhman 2007, 30, 33; Kääriäinen - Rantamäki - Tulla 1998, 29–30; Moilanen 2011, 17–19.)

### 3.4 Yläpohja ja vesikatto

1970-luvulla pientaloihin rakennettiin paljon loivia harjakattoja ja jopa tasakattoja. Niissä on todettu ongelmia johtuen mm. sadevesivuodoista, huonetiloista yläpohjan läpi ullakkotilaan pääsevistä ilmapuodoista ja puutteellisesta tuuletuksesta. Kattovuodot ovat yleisiä kaiken ikäisissä taloissa, mutta erityisen loiva kattolapteen kaltevuus kasvattaa vuotoriskiä. Keväisin katolla olevan lumen alkaessa sulaa se ei pääse valumaan loivalta katolta alas muuten kuin sulamalla ensin vedeksi. Katolle voi näin syntyä jääpatoja, jotka nostattavat sulamisvesiä pitkin lapetta ja helpottavat veden pääsyä rakenteisiin erilaisten epätiiviyshohtien, kuten esim. savupiipun tai ilmanvaihtoputkien läpivientien kautta. Aluskatetta ei aina laitettu tai se tuli huolimattomasti asennettua, jolloin katteesta vuotanut vesi voi päästä paikoin kastelemaan ja homehduttamaan yläpohjan eristeen. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 87–89; Kärki - Öhman 2007, 36.)

Ullakkotilaan voi kulkeutua kosteutta myös ilmapuotoina yläpohjarakenteen läpi. 1970-luvun alkupuolella höyrynsulkumuovia oli vasta hiljattain alettu käyttää eikä sen asennuksessa tiiviyteen osattu aina kiinnittää riittävästi huomiota. Yläpohjan höyrynsulku voi olla epätiivis esim. huolimattomasti tehtyjen IV- ja sähköputkien läpivientien kohdalla, jolloin huoneilmaa pääsee vuotamaan ullakkotilaan ja sen sisältämä kosteus tiivistyy kylmiin pintoihin. Talviaikaan ilmapuotojen kuljettama kosteus tiivistyy ja jäätyy saman tien kylmiin rakenteisiin, sulaen vedeksi viimeistään keväällä. Myös ulkoilman lämpötilan nopea laskeminen ja keväisin katolla makaava lumi voivat tehdä kattorakenteet ullakon ilmatilaa kylmemmiksi, jolloin kosteuden tiivistyminen tulee mahdolliseksi. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 89; Kärki - Öhman 2007, 37.)



Kondensoitumisriski pienenee, jos rakenteet pystyvät sitomaan kosteutta ja jos yläpohjan ja vesikatteen välinen tuuletus on riittävä. Kunnollisen tuuletuksen mahdollistamiseksi pitäisi seinän ja katon liittymässä olla riittävä rako koko räystään pituudella. Valitettavan usein tämä rako on tehty liian pieneksi tai tukittu umpeen julkisivuremontin tai yläpohjan lisäeristämisen yhteydessä. Seuraus tästä voi olla rakenteiden ja eristeiden homehtuminen. Kosteuden sitomisessa puumateriaalit toimivat hyvin. Yleisesti yläpohjaeristeenä käytetty mineraalivilla ei sido kosteutta juuri lainkaan. Eristeen päälle on monesti levitetty tuulensuoja-paperia tai vaikkapa eristevillapakkausten muoveja. Näissä tapauksissa on huoneilman kosteutta mukanaan kuljettavien ilmavuotojen seurauksena syntynyt usein homevaurioita eristeen ja sen päällä olevan paperin tai muovin väliin. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 89–90; Kärki - Öhman 2007, 36–37; Kääriäinen - Rantamäki - Tulla 1998, 30–31.)

### **3.5 Ikkunat ja ulko-ovet**

Asuinrakennusten ikkunat olivat pääasiassa kaksilasisia aina 1960-luvun lopulle saakka, jolloin kolmilasiset kytketyllä sisäpuutteella varustetut ikkunat alkoivat yleistyä. 1970-luvun alun energiakriisin myötä ikkunoiden kolmilasisuus tuli jo rakennusmääräyksiin. Pintakäsittelynä yleisimmin käytetyn peittomaalauksen korvaajana alettiin 1970-luvulla markkinoida puunsuoja-aineilla tehtävää kuultokäsittelyä. Melko nopeasti näiden helppokäyttöisten suoja-aineiden todettiin olevan peittomaalaukselta huonompi vaihtoehto. Kuultokäsittely ei muodostanut puun pinnalle suojaavaa kerrosta, kuten maali. Se ei rapistunut maalin lailla ja siksi puun pinta saattoi halkeamista huolimatta näyttää hyväkuntoiselta eikä talonmestaja arvannut alkaa huoltaa jo lahoamaankin alkanutta ulkopuitetta. (Ikkunakäsikirja. 2004, 11; Tulla 1982, 22–23, 181.)

Itse ikkunarakenteen ja sitä ympäröivän ulkoseinärakenteen vaurioituminen sadevedestä on ollut yleistä. Erilaiset puutteet ja virheet ikkunoiden ja seinärakenteen liittymäkohdissa ovat mahdollistaneet sadeveden pääsyn seinärakenteen sisään. Ikkunapellitysten puutteellinen tai jopa virheellinen kallistus sekä pellin

ja ikkunakarmin liitoksen epätiiviyys ovat yleisimpiä virheitä. Sadeveden tihkuminen rakenteeseen vuosien ajan on voinut synnyttää vaikeasti havaittavia kosteusvaurioita ikkunoiden alapuolisiin seinärakenteisiin. Ongelmallisia ovat olleet myös karmin ja ikkunapuitteiden sekä karmin ja seinärungon väliset tiivistyspuutteet. Näistä on aiheutunut mm. ikkunoiden reuna-alueille viileitä kohtia, joihin on voinut tiivistyä kosteutta huoneilmasta. Myös ulko-ovissa esiintyy samantyyppisiä tiiviysongelmia, mutta ei niinkään sadeveden pääsyä rakenteisiin, koska yleensä ovet ovat ikkunoita paremmin säältä suojassa. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 83–84; Hekkanen 1994, 16.)

### **3.6 Märkätilat**

Pesutilojen kosteusvauriot ovat erittäin yleisiä. Usein syynä ovat virheelliset rakenteet ja työvirheet. Ennen 1990-luvun puoliväliä ei vedeneristystä ollut juuriakaan tapana tehdä pesuhuoneisiin. Monesti pinnoitteeksi laitettiin muovimatto tai -tapetti, joka oikein asennettuna saattoi toimiakin vedeneristeenä. Muovimatto ei ole paras mahdollinen valinta pesutilan lattiaan, koska maton saumat rikkoutuvat helposti ja aiheuttavat vuotoja. Maton muoviaine voi heikentyä saumojen hitsauksen yhteydessä ja materiaalin kutistuminen ajan myötä voi aiheuttaa haitallisia jännityksiä. Muovimaton ja lattiakaivon liitosten tiiviydessä on todettu paljon puutteita. Kaivojen korokerenkaisiin on myös ollut tapana tehdä tiivistämättömiä läpivientejä mm. pyykkikoneen poistovesiputkelle. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 14–15; Kääriäinen - Rantamäki - Tulla 1998, 28.)

Eniten kosteusvaurioita on syntynyt pesuhuoneiden puu- ja levyrakenteisiin seinäniin, joiden vedeneristys on ollut puutteellinen. Suihkun roiskevesialueella laattojen saumat päästävät veden imeytymään laattojen taakse kiinnitys-laastiin ja edelleen runkomateriaalina käytettyyn rakennuslevyyn. Vesi voi päästä vuotamaan myös rikkoutuneen muovimaton tai -tapetin sauman sekä tiivistämättömän putkiläpiviennin kautta. Pinnoitteen alla oleva rakennuslevy altistuu näin pitkäaikaiselle kosteusrasitukselle ja homehtuu, koska kosteuden kuivuminen

pinnoitteen takaa on erittäin hidasta ja pesutilassa kosteusrasitus toistuu säännöllisesti. Myös kivirakenteinen, vaikkapa tiiliseinä, kastuu ilman toimivaa vedeneristystä. Tiili ei siitä vaurioidu, mutta se voi johtaa kosteutta ympäröiviin rakenteisiin. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 14–15; Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 78–79; Kärki - Öhman 2007, 41–42; Kääriäinen - Rantamäki - Tulla 1998, 28–29.)

Pesutiloihin säännöllisesti muodostuvan kosteuden kuivattamiseksi tulisi ilmanvaihdon olla tehokasta. Vanhempien rakennusten painovoimaisesti toimiva ilmanvaihto toimii yleensä tehottomasti ja usein tilannetta pahentaa riittämätön korvausilman saanti sekä epäsuotuisaan paikkaan sijoitettu poistoilmaventtiili. Pesutilan kuivuminen kestää kauan ja rakenteiden vaurioriski kasvaa, kun tilan ilmankosteus pysyy kauan mm. homeiden kasvulle suotuisalla tasolla. Pahimassa tapauksessa tila kastellaan uudestaan suihkulla ennen kuin edellisen kastelukerran aiheuttama kosteus on ehtinyt kunnolla kuivua. Vedeneristämättömissä rakenteissa kosteus tunkeutuu syvemmälle rakenteeseen, kun se ei pääse kuivumaan huoneeseen päin. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 14; Kääriäinen - Rantamäki - Tulla 1998, 28; Rakennustieto 2003, 17.)

### **3.7 Kylmiö**

1960- ja 1970-luvuilla omakotitaloihin rakennettiin usein kylmähuone ruoka-aineiden säilytystä varten. Niitä rakennettiin ilman kosteuseristeitä ja suurimassa osassa onkin todettu rakenteiden kosteusvaurioita. Ulkoseinään rajautuva kylmähuone muodostaa höyrynsulun asemoinnin kannalta haastavan tilanteen, kun talvisin vesihöyry pyrkii siirtymään sisältä ulospäin mutta kesäisin sen sijaan ulkoa sisäänpäin. Höyrynsulun sijainti rakenteessa on siis pakosta virheellinen osan aikaa vuodesta ja kosteutta pääsee tiivistymään rakenteisiin. (Björkholtz 1997, 135; Hometalkoot, linkit Omakotitalo -> 1970 -> Tekniset järjestelmät -> Paikalla rakennetut kylmähuoneet.)

## 4 TUTKIMUSKOHTTEEN KUNTOARVIO

Tutkimuskohteena oli vuonna 1971 rakennettu omakotitalo (kuva 2). Talo on yksikerroksinen, matalaperusteinen ja siinä on rakennusajankohtansa arkkitehtuurille ominaisesti loiva harjakatto ilman merkittäviä räystäitä. Talon rakennuspiirustukset on esitetty liitteessä 1. Katemateriaalina on konesaumattu pelti. Perusratkaisuna on reunavahvistettu alapohjalaatta ns. valesokkelilla. Alapohjana on kaksoislaatta. Pohjavalun päällä on ohut hiekkakerros, EPS-eristettä ja noin 60 mm:n pintavalu. Ulkoseinä rakenne on puurunkoinen ja mineraalivillalla eristetty. Ulkoverhouksena on tiilimuuraus. Sisäverhouslevyn takana on höyrynsulkuna rakennusmuovi (rakenteet ja niiden U-arvot on esitetty tarkemmin liitteessä 3). Lämmitysjärjestelmänä on öljykattila vesikiertoisilla lämmityspattereilla. Ilmanvaihto on painovoimainen.



*KUVA 2. Tutkimuskohteena oleva 1970-luvun omakotitalo*

## 4.1 Tutkimuskohteen korjaushistoria

Taulukossa 1 on esitetty kohteeseen tehdyt merkittävimmät huolto-, korjaus- ja muutostyöt.

TAULUKKO 1. Tutkimuskohteen korjaushistoria

Vuosiluku	Tehdyt korjaustoimenpiteet
1976	pesuhuoneen väliseinät muutettu tiilirakenteisiksi ja seinien pinnat muovitapetista laatoitetuiksi
1977	päävesijohdon liitosvuodon korjaus MH3:n alapuolelta
1990	vaihdettu uusi öljykattila ja poltin
1991	lämmitysputken vuodon korjaus autotallissa lämmitys- ja käyttövesiputkien uusiminen pesuhuoneeseen sähköinen lattialämmitys ja laatat lattiapinnoitteiden uusiminen, olohuoneeseen ja eteiseen koivu-parketti
2000	muovisen öljysäiliön asennus varastoon
2007	autotalliin sähkökäyttöinen ovi
2009	sadevesikaivojen ja -putkien asennus sokkeli- ja routaeristelevyjien asennus etelä- ja länsisivuille
2013	peltikaton maalaus yläpohjan lisäeristys

## 4.2 Kohteen kunto rakennusosittain

Talon kuntoa arvioitiin ensin aistinvaraisin ja pintoja rikkomattomin menetelmin. Kuntoarvion pohjalta päädyttiin tekemään myös kosteusmittauksia seinä- ja lattiarakenteisiin. Mittauksia varten tehtiin rakenneavauksia seinien sisäverhouslevyihin. Avauskohtiin jäävä jälki pyrittiin jättämään jalkalistan taakse piiloon. Mittauksissa käytettiin Vaisalan HMI41-näyttölaitetta ja HMP42-mittapäätä sekä

GANN Hydromette RTU 600 -mittalaitetta ja M18-piikkielektrodia (kuvasta 3 poiketen piikkimittarissa käytettiin pitempiä piikkejä, joilla ylettyi seinärungon alapuuhun saakka). Lisäksi tehtiin lämpökamerakuvaus RT-kortin 14–10850 mukaisesti lämpö- ja ilmapuotojen paikallistamiseksi. Paine-eromittarilla todettiin sisätilat vain 2 Pa:n verran alipaineiseksi ulkoilmaan nähden, kun keittiön liesituuletin oli päällä. Näin ollen ilmapuotokohtia ei voitu kattavasti selvittää, pois lukien räikeimmät vuotokohdat. Salaojituksen kunto ja sijainti tutkittiin tekemällä pieni kaivanto talon päätyyn.



*KUVA 3. Kosteusmittauksissa käytetyt mittalaitteet*

#### **4.2.1 Perustukset ja rakennuspohjan kuivatus**

Tutkimuskohteen perustukset on toteutettu reunavahvistetulla alapohjalaatalla. Pohjalaatan yläpuolisella osuudella on ns. valesokkelirakenne, eli lattiakorko on ulospäin näkyvän sokkelin yläreunan alapuolella ja ulkoseinän puurungon alajuoksu vielä alempana pohjavalun päällä. Sokkelia on näkyvässä maanpinnan yläpuolella 20–25 cm. Sokkelivalu todettiin hyväkuntoiseksi. Perustusten painumisesta tai routimisesta johtuvia halkeamia ei löytynyt. Maalipinnoitteessa

havaittiin paikoittain hilseilyä. Etupihan puolella sokkelin yläreunasta löytyi puinen betonimuotin tukipalikka, ns. surritappi, joka on jätetty valun aikana betonin sisään (kuva 4). Puutapin lahotessa muodostuu sokkeliin reikä, josta voi päästä paljonkin ulkopuolisia vesiä rakenteeseen, riippuen tapin sijainnista maan pintaan nähden.



*KUVA 4. Sokkelivalun sisään jätetty valumuotin tukiosa*

Perustustyömaalla mukana ollutta henkilöä haastatteleamalla selvisi, että talon kaikkiin nurkkiin on valettu betonipilarit kallioon saakka ja että salaojitus on toteutettu tiiliputkilla. Perustustapa on reunavahvistettu alapohjalaatta, ja kun vielä nurkat on tuettu pilareilla kallioon, voitaneen olla varmoja siitä, että talo ei painu.

Talon länsipäädyssä kaivettiin sokkelin vierus auki niin syväälle, että saatiin salaojaputki näkyviin (kuva 5). Sokkelin korkeudeksi mitattiin 1 120 mm reunavahvistuksen pohjalta tiiliverhouksen alareunaan. Routaeristeeksi laitettu 50 mm:n vahvuinen EPS-levy tuli vastaan noin 200 mm:n syvyydessä. Styrox vaikutti vettyneeltä eli sen lämmöneristyskyky on heikentynyt.





*KUVA 5. Kaivanto*

Salaojaputki löytyi vaakasuunnassa noin 300 mm:n etäisyydeltä sokkelista ja pystysuunnassa saman verran sokkelin alapuolelta. Näin se oli myös kuviin piirretty. Putki oli hyväkuntoisen näköistä, ulkohalkaisijaltaan noin 110 mm:n tiili-putkea. Jatkoliitoksen saumakohdan suojana näkyi bitumihuopakaista (kuva 6).



*KUVA 6. Salaojaputki*



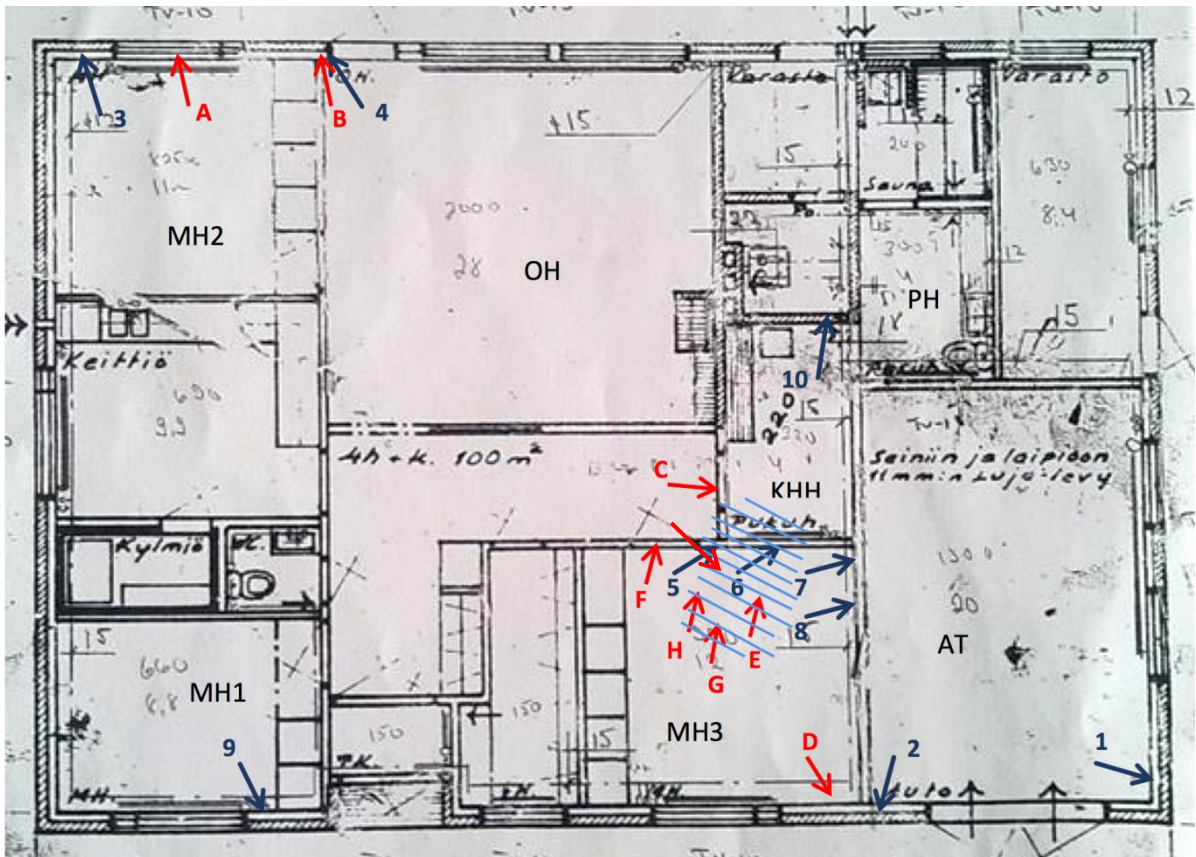
Kun salaojaputken viereltä poistettiin hiekkaa, alkoi putkien liitossaumasta tihkua vettä (kuva 6). Tästä voitiin päätellä salaojituksen olevan kunnossa ja toimivan niin kuin pitääkin. Tarkastelemalla purkuputken päätä, joka tulee pihalla olevaan jätevesikaivoon, saatiin lopullinen varmuus salaojituksen toimivuudesta (liite 2, kuva 21). Purkuputkesta valui vettä jatkuvana virtana arviolta noin 0,5 l/min.

Taloa ympäröivä maanpinta viettää vain vähän rakennuksesta poispäin. Paikoin sade- ja sulamisvesiä lammikoituu sokkelin vierustalle, etenkin laatoitetuille oven edustoille. Nurkilla sijaitsevien syöksytorvien alle on vuonna 2009 asennettu sadevesikaivot, joiden kautta aiemmin sokkelin juureen purkautuneet kattovedet ohjautuvat nyt maahan kaivettuja putkia pitkin tienvarren ojaan.

#### **4.2.2 Alapohja**

Tarkasteltava alapohjarakenne on ns. kaksoisbetonilattia, jossa maanvaraisen pohjavalun päällä on EPS-eriste ja sen päällä pintavalu ja pinnoitteet. Pohjalaatan pinnassa on bitumisively kosteuseristeenä. Lattiapinnoitteena on muovimatto, jonka päälle on eteisessä ja olohuoneessa asennettu jälkeinpäin koivuparketti. Lämmityspotket on alun perin asennettu lattian eristetilaan, mutta ne on myöhemmin uusittu ja asennettu pintaan, seinälle katon rajaan. Lattiapinnoitteet ovat ikäisekseen kohtuullisen hyvässä kunnossa. Eteisen ja olohuoneen koivuparketissa on koiran kynsistä aiheutuneita naarmuja.

Alapohjarakenteen mahdolliset kosteusvauriot pyrittiin selvittämään eristetilan kosteusmittauksilla. Mittaukset tehtiin poraamalla ensin reikä pintalaatan ja eristeen läpi pohjalaatan yläpintaan asti ja työntämällä Vaisalan HMP42 -mittapää reiästä eristetilaan noin 2–5 mm pohjalaatan pinnan yläpuolelle. Reiän ja mittapään varren välinen rako lattian pinnassa tiivistettiin sinitarralla. Riittävän tassaantumisaajan jälkeen näyttölaitteelta luettiin lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvot. Lattian eristetilan mittapisteen on merkitty punaisilla nuolilla kuvaan 7. Arvioitu kostea alue on merkitty kuvaan vaaleansinisellä viivoituksella.



KUVA 7. Alapohjan eristetilan suhteellisen kosteuden mittapisteet A – H ja seinärungon alapuun painokosteuden mittapisteet 1 - 10

Alapohjan eristetilan mittaukset tehtiin 7.4.2015. Lämpötila sisällä oli 21,8 °C ja sisäilman suhteellinen kosteus 38 %. Lämpötila ulkona oli 4,1 °C ja ilman suhteellinen kosteus 78,5 %. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Suhteellisen kosteuden mittaustulokset

mittapiste	RH [%]	T [°C]	g/m <sup>3</sup>	arvio
A	48,4	11,7	5,09	normaali
B	88,3	9,1	7,88	korkea
C	75,7	15,9	10,27	koholla
D	56,1	13,0	6,39	normaali
E	95,1	11,1	9,63	korkea
F	44,8	17,3	6,61	normaali
G	62,2	15,6	8,29	normaali
H	64,9	18,2	10,1	normaali

Ulko- ja väliseinärakenteiden alapuita mitattiin GANN RTU 600 -mittalaitteella ja piikkianturilla. Mittaukset tehtiin 8.4.2015. Lämpötila sisällä oli 22,5 °C ja sisäilman suhteellinen kosteus 36 %. Lämpötila ulkona oli 7,8 °C ja ilman suhteellinen kosteus 54,6 %. Painokosteuden mittapisteet on merkitty sinisillä nuolilla pohjakuvaan (kuva 7). Mittaustulokset on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Seinärungoista mitatut puun painokosteudet

mittapiste	paino-%	arvio
1	19,2	koholla
2	18,9	koholla
3	11,7	normaali
4	12,9 *	normaali
5	25,5	korkea/vaurio
6	35,3	korkea/vaurio
7	17,6	lievästi koholla
8	17,1	lievästi koholla
9	13,8	normaali
10	14,6	normaali

\*seinärungon pystypuusta lattian pinnan korkeudelta

Korkeita suhteellisen kosteuden arvoja löytyi autotallin viereisen makuuhuoneen (MH3) lattiasta. Mittapisteissä C, E ja H kosteus oli koholla. Mittapisteessä E mitattu arvo 95,1 % (RH) oli erityisen korkea ja lämpötila 11,1 °C huomiota herättävän alhainen. Lähialueelle porattiin useita mittapisteitä kostean alueen rajaamiseksi. Arvioitu kostea alue on merkitty pohjakuvaan (kuva 7) vaaleansinisellä viivoituksella.

Makuuhuoneen väliseinien alapuista mitattiin kosteuspitoisuus piikkimittarilla. Väliseinien alapuut ovat syvällä lattiarakenteessa, maanvastaisen pohjalaatan päällä. Mittapisteistä 5 ja 6 saatiin poikkeavan korkeat arvot. Mittapisteestä 6 mitattu 35,3 %:n kosteuspitoisuus on niin korkea, että se mahdollistaa home- ja lahovaurion puumateriaalissa jo melko lyhyessä ajassa, kun lämpötila on reilusti nollan yläpuolella. Kosteuden lähde on selvitettävä ja vauriot korjattava.

Todennäköinen kosteuden aiheuttaja on vuoto päävesijohdossa, joka kulkee kosteaksi mitatun alueen alapuolella maapohjassa. Ajatus ei ole kaukaa haettu, koska tuolla kohdalla on ollut aikaisemminkin vuoto päävesiputkessa. Vuoto korjattiin vuonna 1977 piikkaamalla lattian betonilaatat auki ja kaivamalla putki esiin. Toinen mahdollinen aiheuttaja voisi olla maaperässä oleva lähde, jollainen olikin todettu tontilla pohjatöitä tehtäessä. Taloa tuskin olisi kuitenkaan rakennettu tietoisesti lähteen päälle, joten tämä teoria on epätodennäköinen. Joka tapauksessa väliseinä- ja lattiarakennetta on purettava asian selvittämiseksi ja syy varmistuu siinä yhteydessä.

### **4.2.3 Ulkoseinät**

Kohteen ulkoseinät ovat puurunkoiset ja lasivillalla eristetyt. Ulkoverhouksena on tiilimuuraus ja puurungon ulkopuolella tuulensuojana bitumikyllästetty kuitulevy (bituliittilevy). Sisäverhouksena on lastulevy, jonka takana höyrynsulkumuovi. Puurungon ja eristevillan paksuus on 150 mm, mikä lienee ollut rakennusaikanaan tavanomaista paksumpi. Lupakuviinkin oli merkitty ulkoseinä-rakenteeseen vain 100 mm vuorivillaa. Toteutus poikkeaa piirustuksista siltäkin

osin, että verhomuurauksen taakse on jätetty noin 30 mm:n tuuletusrako, vaikka kuvissa ja rakenneselostuksessa sitä ei ole esitetty. Tiiliverhouksen alareunaan ei ole jätetty muuraussaumoja auki tuulettavuuden parantamiseksi. Seinän alaosassa on valesokkeli, minkä vuoksi puurungon alapuu kulkee syvällä lattiapinnan alapuolella. Tiiliulkoverhous päättyy ikkunoiden yläreunan korkeudelle, jonka yläpuolisella osalla on vaakapaneeli. Tiilimuurin yläpäähän muodostuva tiilen vahvuinen pykällys on peitetty suojapellillä.

Tiiliulkoverhous on kohtuullisen hyvässä kunnossa. Vain muutama vähäinen halkeama löytyi, ei kuitenkaan merkkejä pakkasrapautumisesta. Ulkoverhouksen huonokuntoisimmat kohdat ovat seinän yläosan ”kevennyksen” puupaneeleissa, joissa on lahovaurioita ja rapistunutta maalipintaa. Lahoja on lähinnä vain paneloinnin alimmassa kerroksessa, joka on kosketuksissa tiiliverhouksen päällä olevaan suojapelltiin. Kuvassa 8 näkyvä pelti on asennettu vaakatasoon, jolloin se ei ohjaa sadevettä kunnolla pois, ja peltiin kosketuksissa oleva paneeli on päässyt toistuvasti kastumaan. Paneelin kastumisen ja turpoamisen seurauksena pelti on paikoin kallistunut seinään päin ja sen myötä sadevettä on päässyt valumaan seinärakenteen sisään.



*KUVA 8. Tiiliverhouksen suojapelti*

Ulkoseinärunkojen alapuiden kosteuspitoisuutta mitattiin piikkimittarilla. Mittari ilmoittaa puun kosteuden painoprosentteina eli sen, kuinka paljon materiaalin sisältämä vesimäärä on prosentteina materiaalin kuivapainosta. Yhtäkään huolestuttavan korkeaa pitoisuutta ei tullut ulkoseinien osalla ilmi, vaikkakin autotalista mitatut arvot olivat lähellä riskirajana pidettyä puun kosteuspitoisuutta 20 % (lämpötilassa 20 °C). On kuitenkin otettava huomioon, että alapuun päältä mitattu kuivalla alueella oleva mittaustulos ei todista sitä, ettei alapuun ja betonin välissä olisi mikrobikasvustoa (Heikkinen 2012, 9).

Ulkoseinien osalta korkein kosteuspitoisuus 19,2 paino-% mitattiin talon länsipäädystä autotallin seinän alapuusta mittapisteessä 1 (kuva 9). Mittapiste on puolilämpimän tilan seinässä, eli siihen ei kohdistu asuintilojen lämmittävää vaikutusta. Lahottajasienet vaativat puussa kasvaakseen noin 25 %:n kosteuden (Kaila 1997, 311). Homeiden kasvu voi alkaa jo alhaisemmissa kosteusolosuhteissa (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 38–39).



*KUVA 9. Mittapiste 1*

Homeiden kasvumahdollisuutta ajatellen 19,2 %:n kosteuspitoisuus puussa on lähellä riskirajaa, mutta kyseisessä kohdassa matala lämpötila pienentää riskiä. Homeiden kasvu on mahdollista, kun ilman suhteellinen kosteus on yli 70 %.

Käytännössä alarajana voidaan pitää arvoa 75 %, koska vain hyvin harvat homeisienilajit voivat kasvaa tätä kuivemmissä olosuhteissa. Ihanteellinen lämpötila homeiden kasvulle on 20–30 °C. Matalammissa lämpötiloissa kasvumahdollisuudet heikkenevät. Puumateriaali, kuten muutkin materiaalit, asettuu tasapainokosteuteen ympäristönsä ilmankosteuden ja lämpötilan mukaan. Puulla 19,2 %:n tasapainokosteus 10 asteen lämpötilassa vastaisi suunnilleen ympäröivän ilman 82 %:n suhteellista kosteutta, mikä pitkällä vaikutusajalla voisi mahdollistaa homeen kasvun. Todellisuudessa olosuhteet muuttuvat jatkuvasti mm. sään ja vuorokaudenajan mukaan ja tämän myötä rakennusmateriaali on aina joko kuivumassa tai kastumassa. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 37–39, 46.)

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimuksessa (2007, 37–38) on viitattu julkaisuissa *Modelling the Time Factor in the Development of Mould Fungi* ja *Rakenteiden kosteusongelmat home- ja laho-ongelmien kehittymisen syinä* esitettyyn malliin (kaava 1), jolla voidaan laskennallisesti arvioida homeen kasvun alkamiseen vaadittavia vaikutusaikoja puumateriaalin (uunikuivattu mänty) kosteuspitoisuudesta ja lämpötilasta riippuen.

$$t = \exp(-0,677 * \ln(T) - 13,145 * \ln(RH) + 62,6)$$

KAAVA 1

$t$  = kriittinen vaikutusaika [vko]

$T$  = lämpötila [°C], +0,1...+45 °C

$RH$  =suhteellinen kosteus [%], 75...100 %

Mittapisteestä E mitatuilla arvoilla saadaan laskentakaavalla kriittiseksi vaikutusajaksi vain 3 viikkoa. Tuloksen perusteella vain noin puolen metrin päässä olevan väliseinärungon alapuun voi olettaa vaurioituneen.

Mittapisteeseen 2 tehdyssä rakenneavauksessa havaittiin tummaa kuivunutta kasvustoa sisäverhouksessa käytetyn kipsilevyn rakenteen puoleisessa pinnassa (kuva 10). Syy voi olla se, että autotallissa on aikoinaan maalattu autoja ja sitä varten on lattiaa usein pesty vedellä, jolloin vettä on todennäköisesti päässyt myös seinärakenteeseen lattianrajasta. Rakenneavauksia pitäisi tehdä sei-

niin laajemmin, jotta saataisiin mahdolliset homevauriot varmuudella selvitettyä. Pelkillä mittauksilla niitä ei pystytä riittävän luotettavasti toteamaan (Heikkinen 2012, 59).



*KUVA 10. Rakenneavaus mittapisteessä 2*

Lämpimien asuintilojen ulkoseinien alapuista piikillä mitatut painokosteusarvot vaihtelivat välillä 11,7–13,8 %. Mittaustulokset antavat ymmärtää, että ainakaan mitään kovin vakavaa kosteusvauriota ei alapuussa olisi. Tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon, että mittaukset on tehty alapuun yläpinnan puolelta, noin 10–15 mm:n syvyydestä. Vaikka mittaustulos olisikin kuivalla alueella, voi alapinnan puolella silti olla mikrobikasvustoa (Heikkinen 2012, 7,9). Mikrobikasvusto ei myöskään aina ole näkyvä tai hajua tuottava. Tällöin kasvuston olemassaolo voidaan selvittää materiaalinäytteistä laboratoriotutkimuksilla.

Mittapisteessä B mitattiin seinän alaosan eristetilän ilman suhteelliseksi kosteudeksi 88,3 % ja lämpötilaksi 9,1 °C. Kosteuspitoisuus on poikkeuksellisen korkea. Kaavalla 1 laskemalla saadaan homeen kasvun alkamiseen vaadittavaksi ajaksi 9,1 viikkoa. Vain noin 2 metrin päässä mittapisteestä A mitattiin vastaavalta kohtaa eristetilasta 48,4 % ja 11,7 °C. Syy mittapisteen B korkeaan kosteuspitoisuuteen lienee kuvassa 11 näkyvä tilanne. Katolta sadevesikourun ohi valuva lumen sulamisvesi kastelee ja pitää märkänä oven edustan betonilaattaa ja sokkelia. Jääkylmä vesi selittää myös ko. mittapisteen matalan lämpötilan.





*KUVA 11. Sulamisvettä takaoven edustalla*

Seinien sisäpuolinen lastulevyverhous on siisti ja hyväkuntoinen. Lämpökamerakuvauksessa ei todettu merkittäviä paikallisia lämpövuotokohtia seinärakenteissa. Oletetusti seinien nurkkaliittymissä, seinä- ja lattia-/yläpohjarakenteiden liitoskohdissa sekä ikkuna- ja oviliittymissä havaittiin ilma- ja lämpövuotokohtia. Nämä johtuvat liitosten epätiivyydestä. Kuvassa 12 näkyy makuuhuoneen ulkonurkasta otettu kuva ja samasta kohtaa otettu lämpökamerakuva. Rakenteiden liittymäkohdassa lämpötila oli huomattavan alhainen, vaikka ulkona oli kuvaushetkellä vain noin 2 astetta pakkasta.



*KUVA 12. Makuuhuoneen (MH1) ulkoseinien ulkonurkka*

#### 4.2.4 Ikkunat ja ovet

Ikkunat ovat 3-lasisia puuikkunoita. Edellisestä huoltokerrasta on kulunut aikaa jo yli 15 vuotta. Ulkopuitteissa on paikoin jo vakavia lahovaurioita. Rapistunut maalipinta on päästänyt sadevettä imeytymään puitepuiden sisään. Etenkin eteläsivun ikkunoiden puitteet ovat huonossa kunnossa auringonvalon rasittamina (kuva 13).

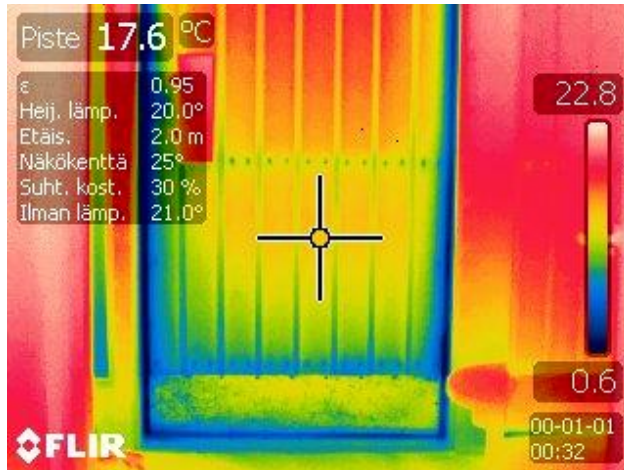


*KUVA 13. Makuuhuoneen ikkuna talon eteläsivulla*

Vesipellit ovat kohtuullisen hyvässä kunnossa. Lämpökamerakuvaus paljasti tiiviyspuutteita ikkunakarmien ja seinärakenteen liittymissä. Viileimmät pintalämpötilat löytyivät saunan ja vaatehuoneen ikkunoiden reunamilta sekä olohuoneen oikeanpuoleisen ison ikkunan vasemmasta reunasta (liite 2, kuvat 14–16).

Ulko-ovet ovat valoaukottomia puuovia. Olohuoneesta takapihalle vievä ovi ja varaston ovi ovat erittäin huonossa kunnossa. Takaoven puutteellinen tiiviys aiheuttaa voimakasta vedon tunnetta talvisin. Varaston ovi ei ole enää kunnolla kiinni saranoissaan, eikä sitä saa suljettua tiiviisti. Etuoven ovilehti on kohtuullisen hyväkuntoinen, mutta siinäkin on tiiviyspuutteita. Paikoin tiivistenauha ei

puristu kunnolla ovilehden ja karmin väliin, jolloin tiivistys ei toimi. Tämä on nähtävissä lämpökameralla otetussa kuvassa (kuva 14).



KUVA 14. Lämpökamerakuva etuovesta

#### 4.2.5 Yläpohja ja vesikatto

Talossa on loiva harjakatto, jonka kaltevuus on 1:6. Katemateriaalina on saumattu pelti, jonka alla umpilaudoitus. Talon pitkällä sivuilla räystäät yltävät noin 30 cm:n etäisyydelle seinälinjasta, mutta päädyissä räystäitä ei ole lainkaan. Sadevesikourut ovat räystäisiin upotetut ns. piilokourut. Yläpohjaeristeenä on ollut alun perin 150 mm lasivillaa.

Saumapeltikate on ikäisekseen hyvässä kunnossa. Se on huoltomaalattu kesällä 2013. Piipun juuressa on vanha vuotokohta, joka on paikattu. Vuotokohdassa on ullakkotilan kattorakenteiden yläpaarteessa pieni lahovauriojälki, joka on jo kuivunut ja vaurion eteneminen pysähtynyt. Kattorakenteet ovat pääosin terveet ja hyväkuntoiset. Yläpohjaan on lisätty selluvillaeristettä noin 25 cm kesällä 2013. Ennen lisäeristämistä ullakon tuuletus on toiminut riittävästi ja kosteusolosuhteet ovat pysyneet sellaisina, ettei kosteusvaurioita ole syntynyt. Nyt eristeen lisäämisen jälkeen olisi syytä tarkkailla, jatkuuko tilanne yhtä hyvänä. Eristepaksuuden lisääminen vähentää huonetiloista yläpohjan läpi ullakolle johtuvaa

lämpöä ja viilentää siten ullakkotilaa, jolloin ilmankosteuden kondensoitumisen mahdollisuus kasvaa. Puhallusvillaa asennettaessa on myös voitu vahingossa tukkia räystäiden alla olevia tuuletusrakoja ja näin heikentää ullakkotilan tuule- tusta.

#### **4.2.6 Märkätilat**

Pesuhuoneen seinät olivat alun perin puu-/levyrunkoiset, pinnoitteenaan märkä- tilan tapetti. Lattiassa oli muovimatto. Ensimmäinen pesuhuoneremontti joudut- tiin tekemään jo vuonna 1980, kun levyrunkoiset seinät olivat vaurioituneet kos- teudesta. Seinärungot vaihdettiin tiilirakenteisiksi, ja sekä lattiaan että seiniin asennettiin laatoitus. Seinien laatoitus on siis noin 35 vuoden ikäinen. Pesu- huoneen ja saunan lattia-laatoitus on uusittu lattialämmityksen korjauksen yh- teydessä vuonna 1991, jolloin vesikiertoinen lämmitys vaihdettiin sähkökäyttöi- seen. Samassa yhteydessä uusittiin saunan seinäverhous ja lauteet.

Pesuhuoneen pinnat ovat välttävässä kunnossa, tosin seinien laattasaumat ovat paikoin jo pahoin murentuneet. Laatoituksen alla ei oletettavasti ole lain- kaan vedeneristystä. Noin 10 vuotta sitten oli suihkunurkan kohdalla, seinän vastakkaisella puolella varaston seinälevyssä, havaittu tummaa homekasvus- toa. Pesuhuoneen ja varaston välisen tiiliseinän, varaston puolelle tehty, mine- raalivillaeristeinen puukoolattu levyseinä oli vaurioitunut tiilimuurauksen läpi imeytyneestä suihkuvedestä. Vaurioitunut seinärakenne oli tuolloin korjattu, mutta ongelman aiheuttaja on edelleen olemassa. Pesuhuone olisi siis syytä peruskorjata ja tehdä lattiaan sekä seiniin nykyvaatimukset täyttävä vedeneris- tys.

Katon kuusipaneeli on silmämääräisesti hyvässä kunnossa. Vuonna 2009 pe- suhuoneen kattoon on asennettu painovoimaisen poistokanavan lisäksi toinen, puhaltimella varustettu poistokanava, jolla saadaan tehostettua ilmanvaihtoa suihkussa käynnin aikana. Puhallin käynnistyy valokatkaisimesta ja sammuu noin 15 minuuttia valojen sammuttamisen jälkeen. Korvausilmaa saunaan ja

pesuhuoneeseen tulee saunan kiukaan alta ulos johdetusta korvausilmakanavasta.

#### 4.2.7 LVIS

Talon lämmitysjärjestelmänä on vesikiertoinen öljykeskuslämmitys. Lämmitysverkoston putket ovat terästä ja patterit termostaattiventtiilein varustettuja 2-lehtisiä teräslevypattereita. Putket on uusittu vuonna 1991 putkivuodon korjauksen yhteydessä ja asennettu pintaan katon rajaan. Alkuperäiset putket oli asennettu lattiarakenteeseen ulkoseinälinjoille. Teräslevypatterit ovat alkuperäiset ja niiden kunto olisi syytä tarkastuttaa asiantuntijalla.

Edellä mainitun vuotovahingon yhteydessä 1991 uusittiin myös öljykattila ja poltin. Kattila on Högfors 2000 Moduli -mallinen valurautakattila. Valurautaisen kevytöljykattilan tekninen käyttöikä on olosuhteista riippuen 20–35 vuotta (Harju - Matilainen 2001/2005, 37). Öljypolttimen ja säätö-, varo- ja muiden liitelaitteiden kestoikä voi olla paljon lyhyempi. Niinpä laitteiston kunto ja korjaustarpeet tulisi selvittää ja varautua järjestelmän uusimiseen. Alun perin maanalainen öljysäiliö on poistettu käytöstä 2000-luvun alussa ja varastotilaan on hankittu muovisäiliö.

WC:n vesijohtokalusteet ja pesuhuoneen suihkusekoittaja ovat uusittu vuonna 1991. Keittiön hana on uusittu viimeksi vuonna 2013. Autotallin vesipisteen kaksiotehana on alkuperäinen. Käyttövesiverkoston ongelmana on se, että hanoja pitää juoksentaa melko kauan ennen kuin saa haluamansa lämpöistä vettä, oli se sitten kylmää tai kuumaa. Hanasta saattaa myös tulla polttavan kuumaa vettä.

Talon ilmanvaihto on painovoimainen. Lautasventtiilein varustetut poistoilmakanavat sijaitsevat WC:ssä, saunassa, puku-/kodinhoituhuoneessa ja vaatehuoneessa. Keittiössä on liesituuletin ja pesuhuoneessa puhaltimella varustettu poistokanava. Ikkunoissa on tuuletusluukut. Varsinaisia korvausilmakanavia ei ole, joten korvausilma tulee ulkovaipparakenteiden epätiiviyskohdista, kuten

esim. ovien raoista ja rakennusosien liitoskohdista. Ilmanvaihdon toimivuutta ei tässä yhteydessä mitattu mitenkään. Sen voidaan kuitenkin olettaa toimivan niin kuin painovoimaisen ilmanvaihdon yleensä, eli ilman vaihtuvuus riippuu pitkälti sisä- ja ulkoilman lämpötilaerosta. Ulkoilman lämpötilan ollessa lähellä sisäilman lämpötilaa on ilmanvaihto lähes olematonta, kun taas talven kovimmilla pakkasilla ilma voi vaihtua liiankin tehokkaasti.

Sähköliittymä tulee ilmajohtolla talon länsipäätyyn. Varastotilassa sijaitseva sähkökeskus on alkuperäinen. Se on varustettu tulppasulakkeilla. Pääsulakkeiden koko on 25 A. Sähköjärjestelmän kunto ja käyttöturvallisuus kannattaisi tarkastuttaa sähköliikkeellä.

#### **4.2.8 Piharakenteet**

Piha-alueilla on routimisen aiheuttamaan maan nousua. Tästä johtuen rakennuksen vierusmaan kaadot ovat puutteelliset ja osittain virheelliset. Etuoven edustalle kertyy sulamis- ja sadevesiä. Myös autotallin oven edustalla on asfaltissa painauma, johon kertyy vettä.

## 5 KORJAUSTOIMENPITEET

### 5.1 Vaihtoehtojen pohdinta

Luvuissa 5.1.1–5.1.3 on esitetty yksittäisiä toimenpiteitä, jotka voisivat eri syistä olla aiheellisia tutkimuskohteen asuinkelpoisuudesta huolehdittaessa. Ensiksi on lueteltu pakolliset korjaustoimet, joista olisi ehdottomasti huolehdittava talon asuinkelpoisuuden säilyttämiseksi lähitulevaisuudessa. Pakollisten toimenpiteiden lisäksi on esitetty rakenteiden kosteusvaurioriskiä ja energiataloudellisuuden vaikuttavia toimenpiteitä. Tässä vaiheessa niitä arvioidaan yksittäisinä, mutta myöhemmässä luvussa pyritään huomioimaan myös toimenpiteiden keskinäiset vaikutussuhteet optimaalista kokonaistoimivuutta ajatellen.

#### 5.1.1 Pakolliset huolto- ja korjaustoimenpiteet

Kosteusmittausten yhteydessä makuuhuoneen (MH3) lattia- ja väliseinärakenteesta löytyneen ylimääräisen kosteuden aiheuttaja on selvitettävä ja laitettava kuntoon. Väliseinä on purettava alaosaan ja lattiarakenteen sisässä oleva seinärungon alapuu on asemoitava ylemmäksi uusimisen yhteydessä. Seinärungon lattiarakenteeseen jättämä monttu voidaan täyttää kiviaineisella materiaalilla, esim. kevytsoraharkoilla. Harkot asetetaan seinärungon pystytolppien alle ja välialueet voidaan täyttää esimerkiksi samalla eristemateriaalilla, jota on käytetty muuallakin lattiarakenteessa. Jos lattiabetonia joudutaan piikkaamaan enemmänkin rakenteen kastumisen syyn poistamiseksi, voidaan väliseinä perustaa uusitun, yhtenäisen lattiavalun päälle. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 46.)

Ulkooverhouksen lahovaurioituneet puuosat on syytä korjata ja samassa yhteydessä laittaa tiiliverhouksen päällisten vesipeltien kallistus kuntoon niin, ettei sadevettä pääse enää valumaan seinärakenteen sisään. Tiiliulkooverhouksen ja tuulensuojalevyn välisen tuuletusraon tuulettuvuutta pitäisi parantaa aukaise-

malla ilmarakoja ulkoverhouksen ala- ja yläosiin. Tiilimuurauksen alareunassa tämä on yleensä järjestetty jättämällä joka kolmas pystysauma ilman laastia. Ikkunoiden lahovaurioituneet ulkopuitteet pitää huoltaa ja korjata. Talon eteläsi- vulla voisi harkita jopa ikkunoiden vaihtamista. Ensin on kuitenkin selvitettävä niiden korjattavuus. Kaikkien ikkunoiden tiivisteet kannattaa uusida sekä tarkis- taa, ja tarvittaessa parantaa, tiivistykset ikkunoiden ja ulkoseinärakenteen liitty- missä. Kaikki ulko-ovet kannattaisi myös vaihtaa uusiin.

Öljykattila ja -poltin ovat 25 vuoden ikäiset, joten niiden päivittäminen on ajan- kohtaista. Kattilalla voisi olla kunnosta riippuen vielä käyttövuosia jäljellä, mutta tässä kohtaa kannattaa huomioida, että nykyisillä laitteilla saavutetaan huomattavasti parempia hyötysuhteita. Myös vaihtoehtoisia energiamuotoja on entistä paremmin tarjolla.

### **5.1.2 Rakenteiden kosteusvaurioriskiä pienentävät toimenpiteet**

Ulkopuolisen kosteusrasituksen vähentämiseksi olisi oleellista korjata taloa ympäröivä maanpinta viettämään talosta poispäin, kaltevuuteen 15 cm/3 m. Paras- ta olisi, jos vierusmaan tasoa voitaisiin kokonaisuudessaan laskea vähän alemmaksi. Sade- ja sulamisvesiä ei saisi valua rakennusta kohti eikä lammikoi- tua sokkelin vierustoille. Ulkoseinärungon alapuu on riskialttiissa sijainnissa ja sitä pitäisi pyrkiä suojaamaan kosteusrasitukselta. Sokkelin ulkopuolinen eristys kannattaisi asentaa myös itä- ja pohjoissivuille, joilla sitä ei vielä ole. Samalla voisi tarkistaa ja tarvittaessa korjata tai parantaa routaeristystä.

Sisäpuolisen kosteusrasituksen kannalta pesuhuone on kriittisin paikka. Seinä- pinnat alkavat jo rapistua ja ovat peruskorjausta vailla. Nykyisellä rasituksella, lähinnä yhden hengen asuinkäytössä, rakenteet voivat selvitä vaurioitumatta, mutta jos suihkun käyttö lisääntyisi merkittävästi, olisi rakenteiden kosteusvau- rioituminen todennäköistä. Pesuhuone ja sauna kannattaisi peruskorjata nyky- määräysten mukaisiksi.



Lämmitysjärjestelmän putkille ja pattereille kannattaisi teettää kuntotutkimus, jossa selvitetäisiin niiden kunto ja jäljellä oleva käyttöaika. Näin voitaisiin mm. pyrkiä välttämään mahdollinen vuotovahinko. Mahdollisen lämmitysjärjestelmän muutostyön yhteydessä patterit tulisi muutenkin tarkistaa ja tarvittaessa vaihtaa uusiin joko kuntoisuuden tai muuttuvan lämmönluovutustarpeen vuoksi.

### **5.1.3 Energiataloudellisuutta parantavat toimenpiteet**

Omakotitalon merkittävin käyttökustannus muodostuu tilojen ja käyttöveden lämmityksestä. Tilojen lämmitysenergian tarve muodostuu rakennuksen ulkovaipan johtumislämpöhäviöstä sekä ilmanvaihdon ja ilmavuotojen korvausilman lämmittämiseen kuluva energiasta. Tämän energiamäärän ostamiseen tarvittava rahamäärä riippuu lämmitysjärjestelmästä ja sen käyttämän polttoaineen hinnasta. Kustannuksiin voidaan siis vaikuttaa sekä pienentämällä lämpöhäviötä että vaihtamalla lämmitysmuotoa. Talon asukkaiden asumistottumuksilla on myös suuri merkitys lämmitysenergian kulutukseen. Asuintilojen lämpötilan pienellä alentamisella ja suihkun käyttöjaksojen lyhentämisellä voitaisiin saavuttaa rahallista säästöä ilman investointeja.

Rakennuksen ulkovaipan johtumishäviön pienentäminen voidaan toteuttaa lisäämällä rakenteiden eristepaksuutta. Ikkunat ja ovet ovat osa ulkovaippaa ja niiden lämmönläpäisyarvon parantaminen tarkoittaisi käytännössä lähinnä niiden vaihtamista uusiin. Tämä ei kuitenkaan ole kannattavaa pelkästään lämmityskustannuksissa säästämiseksi, koska ikkunoiden ja ovien osuus johtumishäviöiden kokonaisuudessa on vähäinen. Oleellisempaa on ikkunoiden ja ovien tiivistysten kunnostaminen, jos ne ovat muuten käyttökelpoisessa kunnossa.

Ilmanvaihdon korvausilman lämmitystarvetta voidaan vähentää poistoilmasta lämpöä talteen ottavalla laitteistolla. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ei ole lainkaan lämmön talteenottoa ja korvausilman lämmittämisen tarvitsema osuus lämpöenergian kokonaiskulutuksesta voi olla jopa kolmasosa. Nykyaikaisella tekniikalla saadaan otettua talteen jopa 80 % poistoilman sisältämästä lämmös-

tä. Hallitsemattoman vuotoilmanvaihdon vähentämiseksi voidaan tehdä erilaisia ulkovaipan epätiiviyiskohtien korjauksia. Helpoimmin korjattavia vuotopaikkoja ovat ovien ja ikkunoiden liittymät seinärakenteisiin. Ulkovaipan lisäeristämisen yhteydessä myös tiiveys yleensä parantuu hieman.

Tutkimuskohteen tiiliulkoverhous aiheuttaa sen, että ulkoseinien lisäeristäminen ulkopuolelta olisi kovin työlästä. Tiiliverhous pitäisi purkaa ensin kokonaan pois, asentaa eristerakenteen ja sen päälle uusi tuulensuoja ja ulkoverhous vaikkapa puumateriaalista. Räystäiden puuttuminen talon päädyissä vieläpä rajaisi seinärakenteen kokonaispaksuuden samaan mikä se on nykyisinkin. Eristyksen lisääminen seinän sisäpuolelle olisi tässä tapauksessa helpompaa. Yläpohjan lisäeristäminen on tässä talossa toteutettu jo aikaisemmin.

Hyvällä lämmön talteenotolla varustetun koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän asentaminen toisi merkittävän säästön lämmityskustannuksissa. Samalla tilojen ilmanlaatu paranisi tehokkaamman ja hallitumman ilmanvaihdon myötä. Sähkönkulutus tietenkin hiukan lisääntyisi laitteiden ollessa sähkökäyttöisiä. Järjestelmän asentaminen voisi olla haastavaa vanhaan taloon, johon sitä ei alun perin ole suunniteltu. Ilmanvaihdon putkitukset vaativat paljon tilaa, eikä niiden koteloiteja haluttaisi mielellään huonetiloihin näkyviin.

Talon öljylämmitysjärjestelmä on tulossa teknisen käyttöikänsä päähän. Järjestelmän uusiminen on väistämättä edessä ja samassa yhteydessä on viisasta miettiä vaihtoehtoisia järjestelmiä öljylämmityksen tilalle. Kun kaukolämpöön liittyminen ei ole mahdollista, jää vaihtoehtoiksi käytännössä pellettilämmitys ja lämpöpumppuratkaisut. Pellettilämmityksen eduksi voidaan katsoa siinä käytettävä uusiutuva, ympäristöystävällinen ja edullinen polttoaine. Haittapuolena on järjestelmän tilantarve. Pelletillä lämmittäminen ei myöskään ole aivan huoletonta, etenkin öljylämmityksen helppouteen tottuneelle, vaan järjestelmä kaipaa säännöllistä puhdistamista.

Sekä ilma-vesilämpöpumppu että maalämpöpumppu soveltuvat tietyin varauksin talon päälämmitysjärjestelmäksi. Ilma-vesilämpöpumppu ottaa lämmön ulkoilmasta ja sen lämmitysteho ei yksistään riitä kovimmilla pakkasilla, vaan se

tarvitsee apujärjestelmän, kuten varaavan tulisijan, täydentämään lämmitystehoja. Maalämpöpumppu hakee lämmön maaperästä, joko maan pinnan suuntaisesta maapiiristä tai peruskallioon poratusta lämpökaivosta, eikä sen lämmitysteho ole riippuvainen vuodenaikojen mukaan vaihtuvista sääoloista. Myös maalämpöjärjestelmä on taloudellista mitoittaa osateholle niin, että kovimmilla pakkasilla käytetään apuna lisälämmitysjärjestelmää, esim. tulisijaa.

Olohuoneen avotakka voitaisiin ottaa hyötykäyttöön asentamalla siihen takkasydän. Savuhormin kunto pitäisi tässä yhteydessä tarkistuttaa ammattilaisella. Samalla kannattaisi selvittää, voisiko takkaan muurata lisää lämpöä varaavaa massaa. Maanvastaisen kaksoislaatan luulisi kantavan helposti pienen lisäkuorman. Tulisija olisi hyödyllinen apu lämmityksessä talven kylmimpinä päivinä. Lisäksi se toisi myös viihtyisyyttä.

## **5.2 Suunnitelmaan valitut toimenpiteet**

Talon uudeksi lämmitysjärjestelmäksi sopisi hyvin maalämpöpumppu. Se on öljylämmityksen lailla huoleton käyttää, mikä on tärkeä ominaisuus talon nykyiselle omistajalle. Tontilla on kallio lähellä maan pintaa, joten lämmönkeruutavaksi soveltuisi hyvin kallioon porattava kaivo. Ilma-vesilämpöpumppu katsottiin riittämättömäksi, koska se ei pystyisi tuottamaan lämpöä alle -20 °C:n lämpötiloissa ja lämmitys olisi tuolloin pelkän sähkön varassa tai tarvittaisiin jokin lisälämmitysjärjestelmä. Suunnitelmaan valittiin teholtaan 8,8 kW:n maalämpöpumppu ja se mitoitettiin laskelmassa osateholle (liite 6). Vanha öljykattila voidaan tarvittaessa jättää varajärjestelmäksi. Avotakan tulipesään suunniteltiin asennettavaksi takkasydän, josta saadaan tukea lämmitystehtoon kovimmilla pakkasilla.

Ulkovaipan lisäeristämisen osalta suunnitelmaan valittiin seinien osittainen lisäeristäminen sisäpuolelta sekä ulko-ovien ja eteläsivun ikkunoiden uusiminen. Olohuoneen ja makuuhuoneiden ulkoseiniin suunniteltiin asennettavaksi 40 mm:n vahvuinen verhouslevyllä pinnoitettu polyuretaanieriste ("SPU Anselmi").

Laskennallisesti lisäeristämällä saadaan ulkoseinien keskimääräinen U-arvo laskemaan arvosta 0,31 W/m<sup>2</sup>K arvoon 0,27 W/m<sup>2</sup>K. Merkitys U-arvoon on melko vähäinen, mutta lisäeristämisestä on muutakin hyötyä. Seinien tiiviys paranee ja vedontunteen väheneminen parantaa asumisviihtyvyyttä.

Muina tiiviyttä parantavina toimenpiteinä tehtäisiin kaikkien ikkunoiden tiivisteiden uusiminen sekä ikkuna- ja oviliittymien tiivistysten parantaminen. Kaikkien tiiviyttä parantavien toimien yhteisvaikutuksena arvioitiin rakennuksen ilmanvuotoluvun (n50) pienenevän arvosta 7 1/h arvoon 4 1/h. Lämpöhäviölaskelmissa (liite) tämän merkitys näkyy siten, että vuotoilman lämmittämisen tarvitsema energiamäärä vähenisi arvosta 3 420 kWh arvoon 1 954 kWh.

Eteläsivun ikkunat olohuoneessa ja yhdessä makuuhuoneessa vaihdettaisiin huonokuntoisuuden vuoksi kokonaan uusiin, joiden U-arvo 1,0 W/m<sup>2</sup>K. Kaikkien ikkunoiden keskimääräinen U-arvo pienenesi näin arvosta 2,1 W/m<sup>2</sup>K arvoon 1,6 W/m<sup>2</sup>K.

Suunnitelmaan valittiin myös patteritermostaattien uusiminen, jotta rakennuksen lämpökuormat ja tulisijan antama lämpö saataisiin mahdollisimman tehokkaasti hyödynnettyä. Lämmitysjärjestelmän uusimisen yhteydessä lämmönjakojärjestelmän toimivuus ja lämmönluovutustehon riittävyys pitäisi muutenkin tarkistaa. Maalämpöpumppu toimisi parhaalla hyötysuhteella lattialämmityksen kanssa mutta nykyisillä pumpuilla saadaan myös kuumempaa, patteriverkostolle sopivaa vettä kohtuullisen hyvällä hyötysuhteella.

### **5.3 Kustannusten arviointi**

Taulukossa 4 on esitetty suunnitelmaan valittujen toimenpiteiden kustannusten muodostuminen. Laskennassa käytetyt työmenekit perustuvat Rakennustöiden menekit 2000 -kirjaan, joka on Rakennusteollisuuden Keskusliitto ry:n ja Rakennustietosäätiön julkaisema tuotannonsuunnittelun menekkitiedosto. Työn tuntihintana käytettiin 45 €/h (alv. 24 %).

TAULUKKO 4. Suunniteltujen toimenpiteiden kustannukset

nimike	määrä	yks	materiaali-	työ-	kerroin	yhteensä	ALV 24 %
			kustannus	kustannus			yhteensä
			€/yks	€/yks	1,3- 1,5*	€/yks	€
<b>tilapinnat</b>							
seinän levytyksen purku	39	m2		10,35	1,3	13,455	524,75
pinnoitettu eristelevy 40 mm	39	m2	23	9,45	1,3	35,29	1 376,12
seinien maalaus	39	m2	3,68	9,9	1,5	18,53	722,67
tarvikkeet	1	erä	50			50	50
<b>ikkunat</b>							
ikkunan purku	3	kpl		49,5	1,5	74,25	222,75
ikkunan asennus	3	kpl	490	76,5	1,5	604,75	1 814,25
ikkunan listoitus & heloitus	3	kpl	22	31,5	1,5	69,25	207,75
<b>julkisivutuotteet</b>							
vesipellin asennus	3	kpl	12	22,5	1,5	45,75	137,25
<b>ikkunat</b>							
ikkunoiden kunnostus	9	kpl	9	77,85	1,3	110,205	991,845
<b>ovet</b>							
ulko-oven purku	4	kpl		27	1,5	40,5	162
ulko-oven asennus	4	kpl	350	45	1,5	417,5	1 670
heloitus & listoitus	4	kpl	25	31,5	1,5	72,25	289
<b>LVI-tuotteet</b>							
patteriventtiilien vaihto	12	kpl	25	9,9	1,3	37,87	454,44
patteriverkon säätö	1	erä		350		350	350
maalämpö, laitteisto	1	erä	9 000			9 000	9 000
maalämpö, poraus & asennus	1	erä	8 000			8 000	8 000
<b>tulisijat tuotteet</b>							
takkasydän	1	kpl	1 500				1 500
asennus	1	erä		300		300	300
muutostyöt	1	erä	100	180		180	280
							28 053 €

## 6 KANNATTAVUUDEN ARVIOINTI

Suunniteltujen korjaustoimenpiteiden kannattavuuden arvioimiseksi laskettiin talon energiankulutus ja lämmitystehontarve Suomen rakentamismääräyskoelman osan D5 mukaan (laskelmat liitteessä 4). Seuraavaksi samat laskelmat tehtiin uudelleen (liite 5) muuttamalla laskenta-arvoja korjaustoimenpiteiden tuomilla muutoksilla. Näin saatiin laskennallinen arvio korjaustoimenpiteiden vaikutuksesta lämmitysenergiantarpeeseen. Lisäksi laskettiin maalämpöpumpun ostoenergiankulutus, pumpun tuottama lämmitysenergia ja tarvittava lisälämmitysenergia (liite 6) ympäristöministeriön ohjeiden mukaisesti.

Laskennalliseksi tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergiantarpeeksi saatiin 43 489 kWh. Suunnitelluilla korjaustoimilla luku pieneni arvoon 38 188 kWh ulkovaipan johtumishäviön ja vuotoilman lämmitystarpeen pienenemisen seurauksena. Yhteenveto lämpöhäviöistä ja lämmitysenergiantarpeista ennen ja jälkeen muutoksen on esitetty taulukoissa 5 ja 6.

TAULUKKO 5. Energiayhteenveto ennen muutosta

<b>Ulkovaipan johtumishäviö</b>		
$Q_{\text{joht}}$	19 150	kWh
<b>Ilmanvaihdon korvausilman lämmitys</b>		
$Q_{\text{iv,korvausilma}}$	9 850	kWh
<b>Vuotoilman lämmitys</b>		
$Q_{\text{vuotoilma}}$	3 420	kWh
<b>Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve</b>		
$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$	37 449	kWh
<b>Lämpimän käyttöveden lämmittämisen lämpöenergian tarve</b>		
$Q_{\text{lämmitys,lkv}}$	6 040	kWh
<b>Lämpöenergian tarve jakojärjestelmittäin</b>		
$Q_{\text{lämmitys,patterit}}$	35 096	kWh
$Q_{\text{lämmitys,sähkö}}$	2 353	kWh

TAULUKKO 6. Energiayhteenveto muutoksen jälkeen

<b>Ulkovaipan johtumishäviö</b>		
$Q_{\text{joht}}$	16 645	kWh
<b>Ilmanvaihdon korvausilman lämmitys</b>		
$Q_{\text{iv,korvausilma}}$	9 850	kWh
<b>Vuotoilman lämmitys</b>		
$Q_{\text{vuotoilma}}$	1 954	kWh
<b>Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve</b>		
$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	32 148	kWh
<b>Lämpimän käyttöveden lämmittämisen lämpöenergian tarve</b>		
$Q_{\text{lämmitys,lkv}}$	6 040	kWh
<b>Lämpöenergian tarve jakojärjestelmittäin</b>		
$Q_{\text{lämmitys,patterit}}$	28 095	kWh
$Q_{\text{lämmitys,sähkö}}$	2 353	kWh
$Q_{\text{lämmitys,tulisija}}$	1 700	kWh

Nykytilanteen laskennallinen 43 489 kWh:n lämmitysenergiatarve tarkoittaisi lämmöntuotto- ja jakojärjestelmän hyötysuhteet huomioituna 50 785 kWh:n os- toenergiatarvetta, mikä vastaisi noin 5 000 litran vuotuista öljynkulutusta, kun öljylitran lämpöarvoksi katsotaan 10 kWh. Kohteen todellisen öljynkulutuksen tuntien voidaan helposti todeta, ettei laskennallinen tulos ole lähelläkään todelli- suutta. Nykyisin toteutunut öljynkulutus on ollut alle 2 000 litraa vuodessa. Vuonna 2012 öljyä kului noin 2 750 litraa. Tuolloin yläpohjan lisäeristämistä ei oltu vielä tehty.

Laskennallisen tarkastelun poikkeama todellisesta tilanteesta johtuneen ainakin osittain laskennassa käytetyistä taulukkoarvoista mm. lämpimän käyttöveden ja ilmanvaihdon korvausilman lämmityksen tarvitseman energian laskennassa. Esimerkiksi käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämmitysenergia määräytyy laskennassa rakennuksen pinta-alan mukaan eikä asukkaiden määrän mukaan. Myös ilmanvaihdon korvausilman lämmitysenergian laskennassa on käytettävä taulukkoarvoa, mikä ei välttämättä johda todellisuutta vastaavaan tulokseen.

Ulkovaipparakenteiden lämmöneristävyys voidaan laskea U-arvoja paremmat. Tässä tapauksessa laskentaan otettiin mukaan myös puolilämpimät tilat. Niiden matalampaa lämpötilaa ei huomioitu muuten kuin käyttämällä kaikkien tilojen keskimääräisenä lämpötilana 19 °C. Myös tästä saattoi aiheutua ”virhettä” laskelmaan. Laskennan tuloksia voidaan silti käyttää korjaustoimenpiteiden energiataloudellisuuden arviointiin, koska vertailtavat laskelmat on tehty samalla laskentatavalla.

Korjaustoimenpiteiden kannattavuutta voidaan arvioida monesta eri näkökulmasta. Yleisintä lienee lämmityskustannusten tarkastelu, koska se on merkittävä säännöllinen kuluerä ja helposti mitattavissa. Myös tässä työssä toimenpiteiden kannattavuutta arvioidaan lämmityskustannuksissa saavutettavien säästöjen kautta.

Tutkimuskohteen merkittävin korjaustarve oli lämmitysjärjestelmän uusiminen. Suunnitelmaan valittiin maalämpöpumppu ja lisäksi muitakin mm. tätä valintaa tukevia toimenpiteitä, kuten seinien lisäeristäminen ja takkasydämen asentaminen avotakan tulipesään. Kannattavuutta ei tässä tapauksessa pidä tarkastella pelkästään energiakustannusten säästöinä, koska jotkin korjaustoimenpiteet on pakko tai kannattavaa tehdä muista syistä. Lämmitysjärjestelmän uusiminen voitaisiin tehdä myös asentamalla uusi öljykattila oheislaitteineen. Investointikustannus olisi huomattavasti pienempi kuin maalämpöjärjestelmälle, mutta polttoaineen osalta jäätäisiin kytketyksi uusiutumattomaan öljyyn, jonka hinta voi nousta tulevaisuudessa yllättävänkin jyrkästi, kuten tapahtui vuonna 2008. Toki nykyisten öljykattiloiden hyötysuhteet ovat parempia, mutta sillä ei olisi konaisuudessa suurta merkitystä.

Taulukossa 7 näkyy lämmitysenergiakustannusten muodostuminen ennen suunniteltuja korjauksia ja niiden jälkeen. Öljyn hintana käytettiin 0,08 €/kWh, sähkön 0,10 €/kWh ja puun 0,05 €/kWh. Vuotuiseksi polttopuun käyttömääräksi on arvioitu 2 pino-m<sup>3</sup>, jonka sisältämästä 3 400 kWh:n lämpöarvosta saadaan 1 700 kWh lämmitysenergiaa, kun hyötysuhde on 0,5.



TAULUKKO 7. Korjaustoimenpiteiden vaikutus lämmityskustannuksiin

		Hinta	Kustannus
Ostoenergiantarve	kWh	€/kWh	€
<b>ennen</b>			
öljy	50 785	0,08	4 062,80
sähkö	2 804	0,10	280,40
		YHT.	4 343,20
<b>jälkeen</b>			
sähkö	14 956	0,10	1 495,60
polttopuu	3 400	0,05	170
		YHT.	1 665,60

Nykyisellään rakennuksen tilojen ja käyttöveden vuosittaiset lämmityskustannukset ovat laskennallisesti 4 343 €. Suunnitelman mukaisten toimenpiteiden jälkeen kustannukset olisivat 1 665 € vuodessa. Säästöä lämmityskuluissa tulisi 2 678 € vuosittain. Jos kaikkien polttoaineiden hinnat nousisivat 25 %, olisi laskennallinen vuosittainen säästö 3 347 €. Jos polttoaineiden hinnat olisivat 50 % nykyistä korkeammat, tulisi säästöä 4 016 €.

Jo aiemmin todettiin, ettei laskennallinen tulos vastaa todellisuutta, mutta sen avulla voidaan arvioida saavutettavissa olevan säästön määrää suhteessa todellisiin lämmityskustannuksiin. Laskelmien perusteella voidaan arvioida, että suunnitellut korjaustoimenpiteet yhdessä maalämpöpumpun kanssa alentaisivat vuotuisia lämmityskustannuksia noin 62 %. Jos tulevaisuudessa öljyn hinta nousisi sähkön hintaa jyrkemmin, kasvaisi prosentuaalinen säästö suuremmaksi.

Toinen todellista säästöä mahdollisesti kasvattava tekijä on se, että laskelmissa on käytetty lämpöpumpun vuosilämpökertoimena (SPF-luku, seasonal performance factor) arvoa 2,85, kun se nykyisillä pumpuilla voi olla suurempi. Lämpökerroin osoittaa, kuinka monta kilowattituntia lämmitysenergiaa pumppu saa tehtyä 1 kWh:sta ostettua sähköä.

Jos energiansäästöön vaikuttavien investointien kannattavuutta haluttaisiin tarkastella vaikkapa takaisinmaksuajan menetelmällä, pitäisi ensin määrittää kokonaiskustannuksista niiden toimenpiteiden osuus, jotka tehdään energiansäästön tavoittelemiseksi. Tässä suunnitelman kokonaiskustannukset olivat noin 28 000 €. Suurin kustannuserä aiheutuisi maalämpöjärjestelmästä. Sitä ei investoisi pelkästään energiansäästön vuoksi vaan myös siksi, että lämmöntuottojärjestelmä pitää uusia joka tapauksessa.

Jos arvioidaan karkeasti, että puolet kokonaiskustannuksista aiheutuisi energiankulutuksen pienentämiseen tähtäävistä valinnoista, olisi investoinnin laskennallinen takaisinmaksuaika nykyisillä polttoaineiden hinnoilla noin 5,5 vuotta (korkoa ei huomioitu). Eli tuossa ajassa investoinnista aiheutuneen kustannuksen määrä säästyisi lämmityskustannuksissa. Polttoaineiden hintojen ollessa 25 % kalliimpia, olisi takaisinmaksuaika noin 4,2 vuotta. Todellinen takaisinmaksuaika olisi pitempi, arviolta enemmän tai vähemmän alle 10 vuotta, riippuen polttoaineiden hintojen kehityksestä.

## 7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tehtiin vuonna 1971 rakennettuun taloon kuntoarvio, tutkittiin riskirakenteiden kuntoa ja laadittiin erilaisista korjaus- ja perusparannustoimenpiteistä koostuva korjausmalli. Suunnitelman merkittävin toimenpide oli lämmöntuottojärjestelmän vaihtaminen öljykattilasta maalämpöpumppuun. Työstä tuli hieman suunniteltua laajempi, kun korjausmallin energiataloudellisen kannattavuuden arvioimiseksi tehtiin tarkat laskelmat talon lämmitysenergian tarpeesta. Laskelmat olivat kuitenkin tarpeelliset työn hyödynnettävyyden kannalta.

Kuntoarvion yhteydessä kiinnitettiin erityistä huomiota rakennuksen riskirakenteisiin. Valesokkelista mitattiin ulkoseinärungon alapuolen kosteutta. Yhtään vakavaan kosteusvaurioon viittaavaa kosteuspitoisuutta ei mitattu. Ainut riskirajan tuntumaan yltänyt pitoisuus mitattiin autotallin seinästä. Tuloksista pääteltiin, että mm. hyvin toiminut rakennuspohjan kuivatus ja tonttia ympäröivän maaston muodot ovat mahdollistaneet valesokkelille siinä määrin suotuisat olosuhteet, ettei ainakaan vakavia kosteusvaurioita ole päässyt rakenteen vaurioalttiudesta huolimatta syntymään.

Lattiarakenteen eristetilan suhteellisen kosteuden mittauksissa löytyi yhdestä makuuhuoneesta pieni, selvästi ympäristöään kosteampi alue. Kosteuden aiheuttaja jäi vielä selvittämättä, koska lattiarakennetta ei tässä yhteydessä purettu auki. Kyseisellä kohdalla alla kulkee talon päävesijohto, joten aiheuttajaksi on syytä epäillä putkivuotoa. Vesijohtoa oli jouduttu rakennusaikana jatkamaan ja liitoskohdan vuotoa on jo vuonna 1977 jouduttu korjaamaan. Tuolloin oli jouduttu piikkaamaan makuuhuoneen lattiarakenne auki. Asian selvittämistä jatketaan keväällä 2016 ja jouduttaneen aukaisemaan lattiarakenne jälleen. Samalla korjataan väliseinärungon alaosan puurakenteiden korkeusasema ylemmäksi, pois pohjalaatan päältä.

Kosteusmittausten tekeminen oli mielenkiintoista ja opettavaista. Työn edetessä vahvistui käsitys siitä, kuinka tärkeää on mittaustulosten oikeaoppinen tulkitseminen. Mittaajan on osattava ottaa huomioon mm. erilaisten materiaalien ominaisuudet, ympäröivät olosuhteet, tutkittavan rakenteen kosteustekninen toimivuus sekä mahdolliset virhettä aiheuttavat tekijät. Selväksi tuli myös se, ettei pelkillä mittauksilla saada täysin selville rakenteiden todellista kuntoa, esimerkiksi mikrobivaurioiden osalta, vaan lisäksi tarvittaisiin rakenneavauksia ja materiaalinäytteiden ottamista. Jälkeenpäin tuli ajatus, että mittauksia olisi kannattanut tehdä enemmän ja myös seinärakenteiden yläosista vertailuarvojen saamiseksi.

Kaiken kaikkiaan talossa todettiin melko tavanomaisia kunnostustarpeita. Ulko-ovet, ikkunat ja pesuhuone todettiin huoltoa ja peruskorjausta vaativiksi. Ulkoseinien osalta annettiin pikainen korjaussuositus tiiliulkoverhouksen suojaelityksille, joiden kautta pääsee valumaan sadevettä tiilimuurin taakse. Myös rakennusta ympäröivän maanpinnan muotoilussa todettiin puutteita.

Kuntoarvion perusteella suunniteltiin toimenpidekokonaisuus, jonka taloudellista kannattavuutta arvioitiin mm. ostoenergiantarpeen pienenemisen myötä saavutettavien säästöjen valossa. Suunnitelman pohjana oli maalämpöpumpun hankkiminen öljylämmityksen tilalle. Tukilämmitykseksi suunniteltiin takkasydämen asentamista avotakan tulipesään. Talon lämmitysenergiantarvetta tarkasteltiin laskennallisesti. Laskelmissa otettiin huomioon ulkovaipan johtumishäviöt, vuotoilman ja ilmanvaihdon korvausilmojen lämmittäminen, lämpökuormat sekä lämmitysjärjestelmän häviöt.

Yllättävää oli se, kuinka paljon laskennallinen ja todellinen kulutus erosivat toisistaan. Toinen laskelmissa esille nouseva seikka oli se, kuinka paljon lämmitysenergiaa menee hukkaan ilmanvaihdon mukana, jos poistettavan ilman lämpöä ei oteta lainkaan talteen. Tehokkaalla lämmön talteenotolla varustetun koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän asentamisella saataisiin merkittävästi säästöä lämmityskustannuksissa. Tässä tapauksessa koneellista ilmanvaihtoa ei otettu suunnitelmaan, koska järjestelmä olisi kovin vaikea asentaa kyseiseen kohteeseen.

Maalämpöpumppu yhdessä muiden suunniteltujen toimien kanssa katsottiin kannattavaksi investoinniksi. Laskelmien perusteella vuotuisten lämmitysenergiakustannusten arvioitiin pienenevän noin 62 % verrattuna nykyiseen tilanteeseen. Euromääräinen säästö olisi sitä suurempi, mitä enemmän polttoaineiden hinnat nousisivat. Säästöjen saavuttamiseksi on maalämpöjärjestelmän toimitava luotettavasti ja korkealla hyötysuhteella. Tämän edellytyksenä on järjestelmän tarkka mitoitus ja onnistunut asennus, joten sekä laitteisto että asennustyöt kannattaisi ottaa samalta, luotettavaksi tunnetulta toimittajalta. Kannattaisi myös selvittää, millaista palvelua toimittajalta saa mahdollisissa ongelmatilanteissa.

Öljylämmityksen vaihtaminen maalämpöön voi olla kannattavaa muutenkin kuin vain lämmityskustannuksissa saavutettavien säästöjen vuoksi. Energiatehokkuutta koskevan lainsäädännön mukaan myös ennen vuotta 1980 rakennetuilta pientaloilta vaaditaan energiatodistus talon myynnin tai vuokrauksen yhteydessä 1.7.2015 alkaen. Energiatodistuksessa rakennukselle määritetään E-luvun mukainen energialuokka väliltä A-G. Mitä pienempi E-luku on, sitä parempaan luokkaan rakennus kuuluu. Energialuokalla voi olla tulevaisuudessa paljonkin merkitystä esimerkiksi taloa myytäessä.

E-luvun suuruus määräytyy talon laskennallisen ostoenergiankulutuksen ja energiamuodon kertoimien mukaisesti. Kerroin on öljylle 1, sähkölle 1,7 ja puulle 0,5. Vaikka tässä työssä suunniteltujen muutosten myötä energiamuoto vaihtuisikin suuremman kertoimen omaavaan sähköön, pienenisi E-luku, koska maalämpöpumpun tarvitsema ostoenergian määrä olisi moninkertaisesti vähäisempi kuin nykyisellään öljyn muodossa ostettavan energian määrä.

Syksyllä 2013 voimaantulleen ympäristöministeriön asetuksen mukaan olemassa olevan rakennuksen rakennus- tai toimenpideluvanvaraisen korjaus- tai muutostyön tulee täyttää asetuksen määrittämät vaatimukset rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi. Asetus esittää vaihtoehtoisia tapoja, joista yksi on laskennallisen kokonaisenergiankulutuksen eli E-luvun pienentäminen 20 %:lla. Tässä työssä ei E-lukua laskettu mutta voidaan arvioida, että suunnitelma täyt-

täisi tämän vaatimuksen. Ostoenergian määrä sähkönä maalämpöpumpun kanssa on moninkertaisesti vähäisempi verrattuna ostettavan öljyn määrään.

## LÄHTEET

Björkholtz, Dick 1997. Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Heikkinen, Pertti 2012. Kosteus- ja home-talkoot. Tunnista ja tutki riskirakenne. Opetusmateriaali. Saatavissa:

<http://devhometalkoot.mcasiaakas.net/filebank/904->

Tunnista\_ja\_tutkiriskirakenne2012.pdf. Hakupäivä 30.10.2015.

Hekkanen, Martti 1994. Pientalon kuntoarvio. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Hekkanen, Martti - Kauppinen, Timo - Santalo, Maria 1997. Matalaenergiapien-  
talon toteuttaminen korjausrakentamalla. Tusina, Oulainen. Espoo: Valtion tek-  
nillinen tutkimuskeskus (VTT).

Hometalkoot. Saatavissa: [www.hometalkoot.fi/omakotitalo](http://www.hometalkoot.fi/omakotitalo). Hakupäivä 5.4.2016.

Ikkunakäsikirja 2004, 2004. Helsinki: Rakennusteollisuus RT ry Puutuotetoi-  
miala.

Kaila, Panu 1997. Talotohtori. Rakentajan pikkujättiläinen. Helsinki: WSOY.

KH 90-00394. 2007. Kuntotarkastus asuntokaupan yhteydessä. Suoritusohje.  
Rakennustieto Oy.

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997. 2. tarkistettu pai-  
nos. Ympäristöopas 29. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997. 2. tarkistettu  
painos. Ympäristöopas 28. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Kärki, Jukka-Pekka - Öhman, Heikki 2007. Homevaurioiden korjausopas. 2. painos. Tutkimuksia ja selvityksiä 6/2007. Kuopio: Kuopion yliopisto, Koulutus- ja kehittämiskeskus. ISBN 978-951-27-0649-5 (PDF).

Kääriäinen, Hannu - Rantamäki, Jouko - Tulla, Kauko 1998. Puurakennusten kosteustekninen toimivuus. Kokemustiedot. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).

Lahtinen, Kati 2014. Viri ja valkee. Vanhan rakennuksen lämpö- ja energiatalous. Hämeenkyrö: Lunette rakennusperinnepalvelut.

Moilanen, Tapani 2011. 70-luvun pientalon korjausopas. Kuopio: Itä-Suomen yliopisto, Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate. ISBN 978-952-61-0338-9 (PDF).

Myyryläinen, Leevi 2008. Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa. Helsinki: Gummerus Kirjapaino Oy.

Rakennustöiden menekit 2000. 1999. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Tulla, Kauko 1982. Ikkunat kuntoon. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy.



## **LIITTEET**

Liite 1. Tutkimuskohteen rakennuspiirustukset

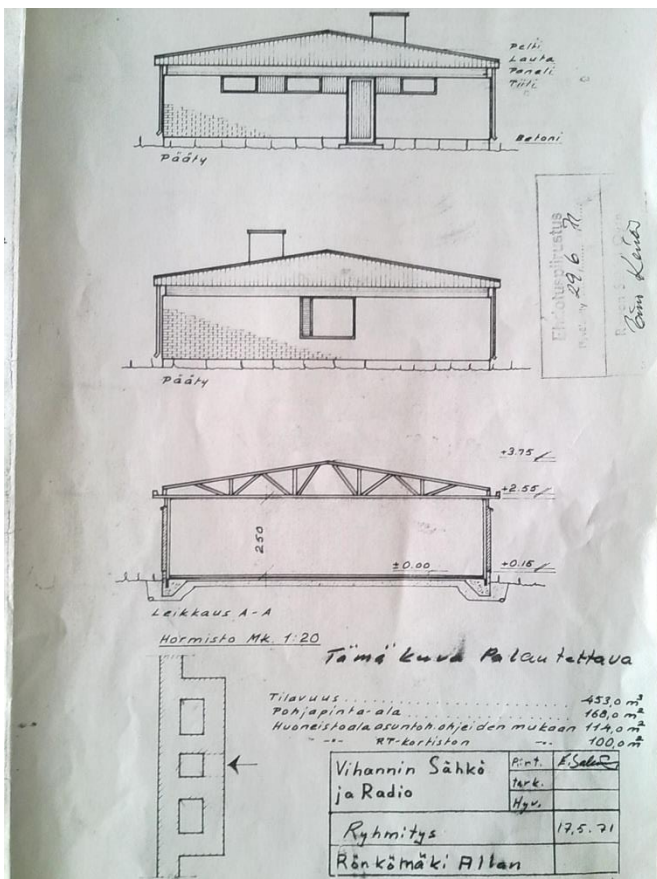
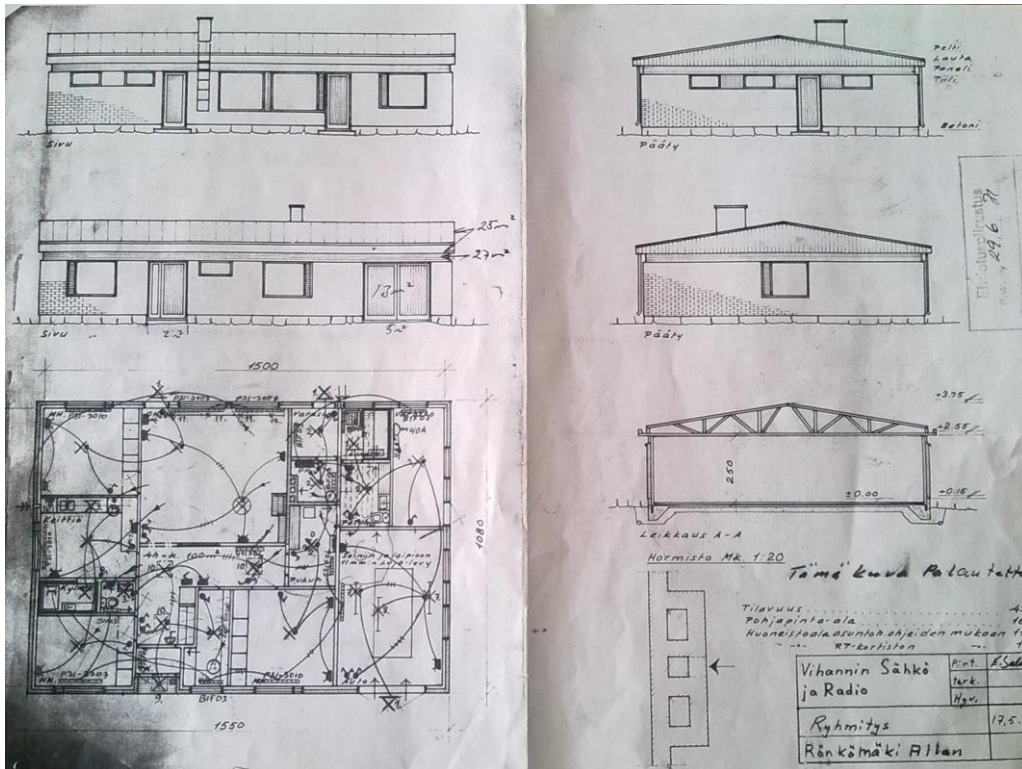
Liite 2. Valokuvia tutkimuskohteesta

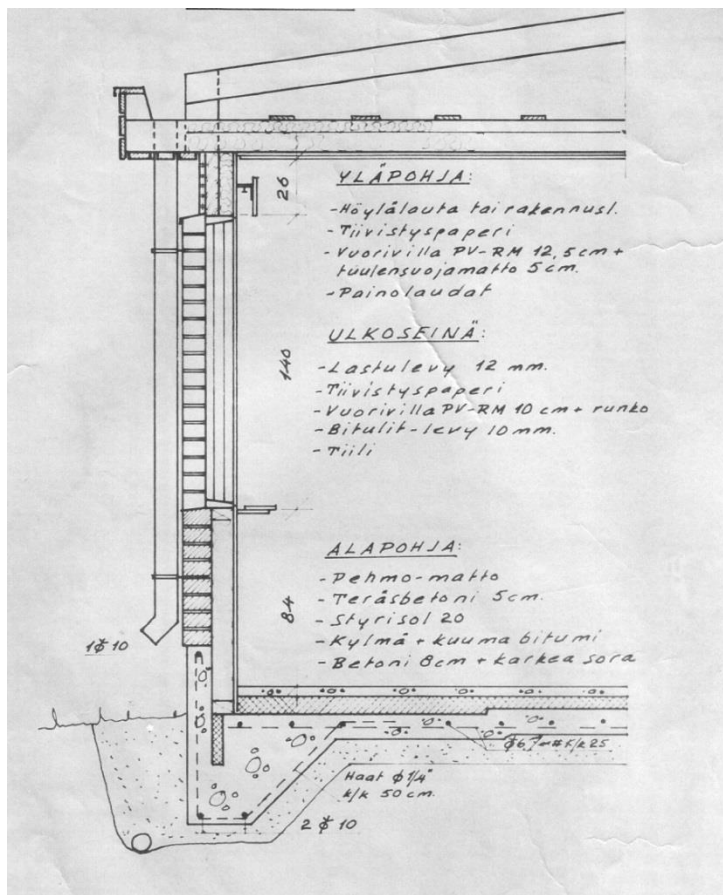
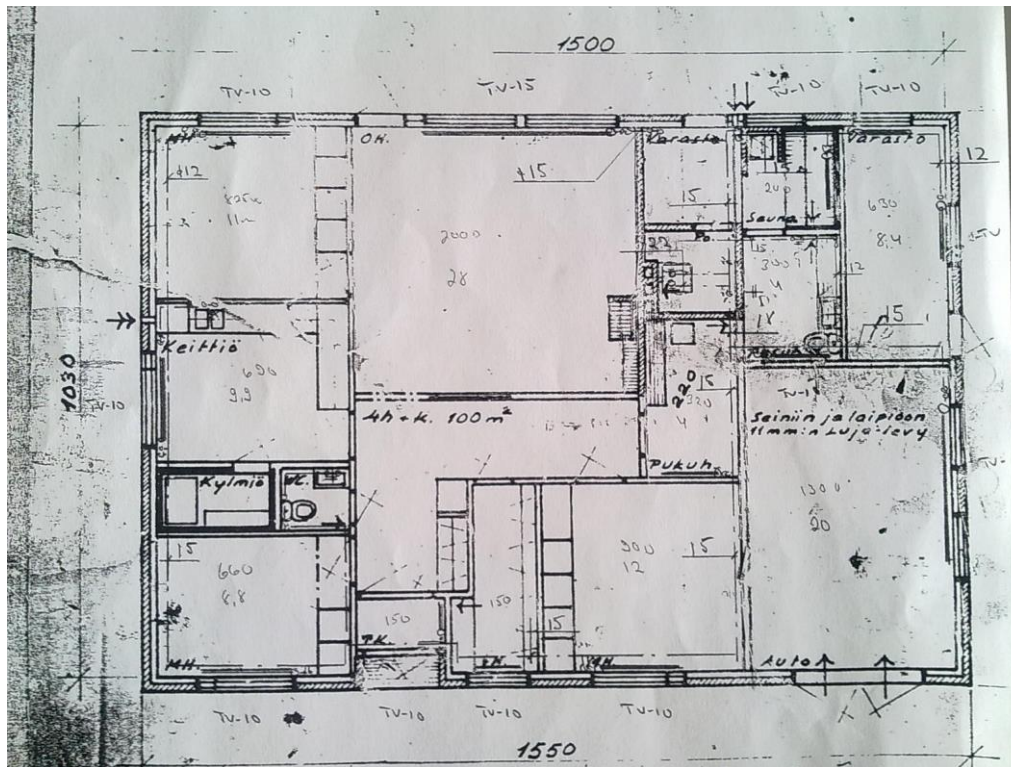
Liite 3. Rakenteiden U-arvot

Liite 4. Energiankulutus ennen korjaustoimenpiteitä

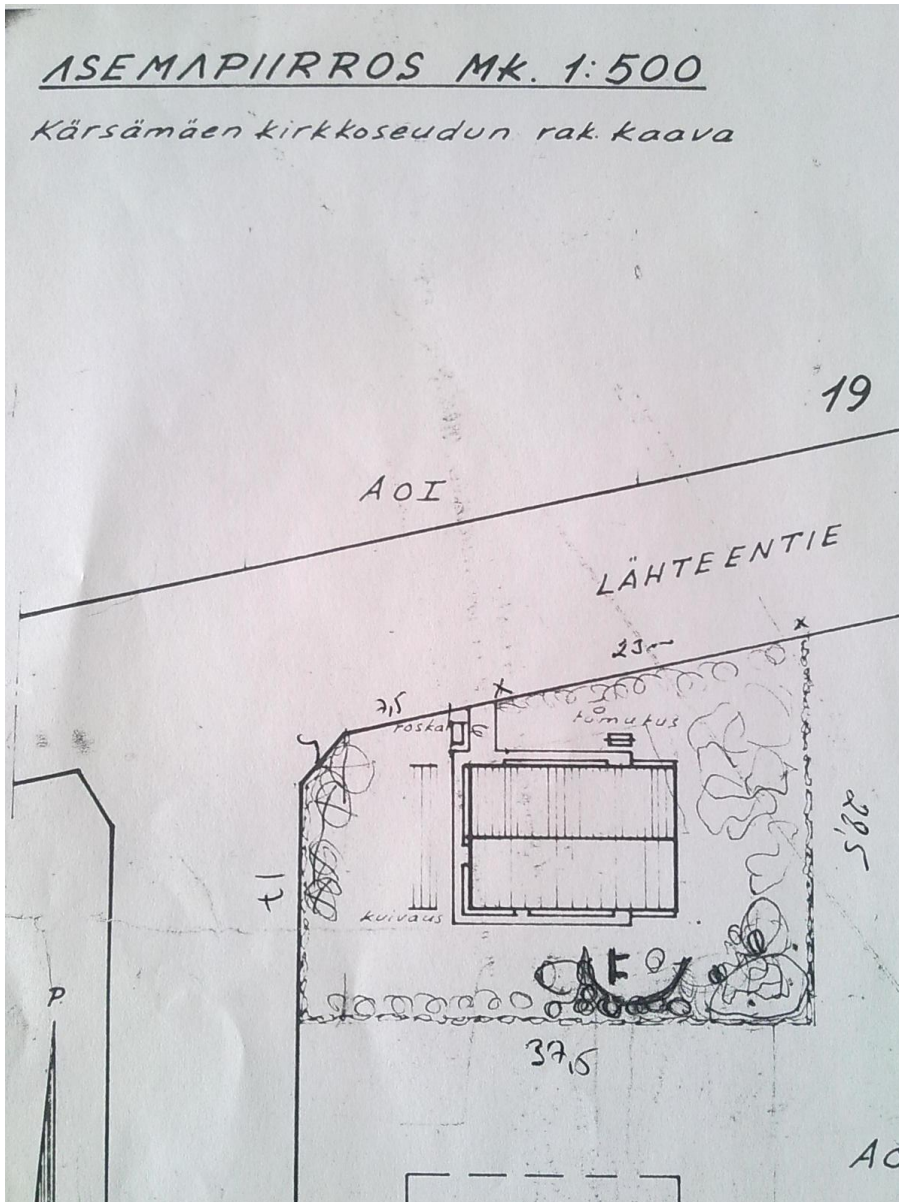
Liite 5. Energiankulutus korjaustoimenpiteiden jälkeen

Liite 6. Maalämpöpumpun tuottama lämmitysenergia



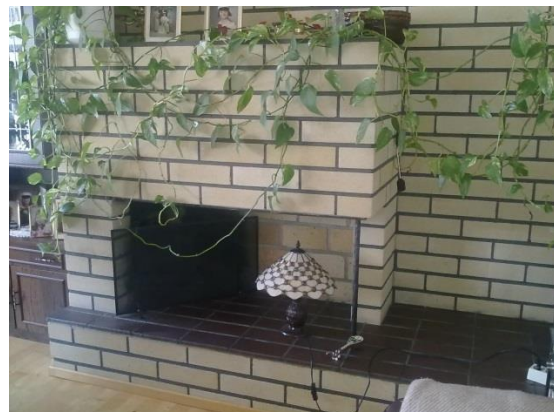








KUVA 15. Makuuhuone



KUVA 16. Takka



KUVA 17. Poistoilmahuoneen pesuhuoneessa



KUVA 18. Pesuhuoneen lattiakaivo



KUVA 19. Suihkusekoittaja



KUVA 20. Sauna



KUVA 21. Pesuhuoneen. seinälaatoitusta



KUVA 22. Jätevesikaivo



KUVA 23. Yläpohjan eristettä



KUVA 24. Savupiippu



KUVA 25. Sähkötaulu



KUVA 26. Öljykattila





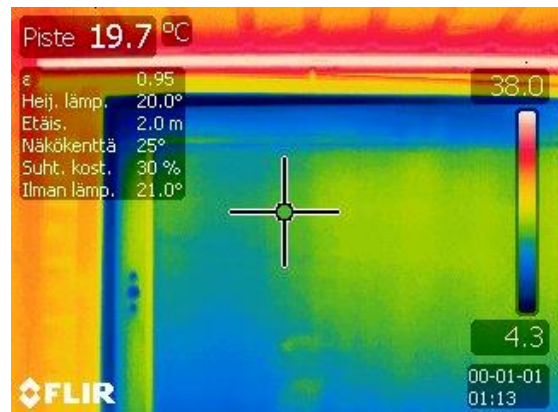
KUVA 27. Mittapiste A



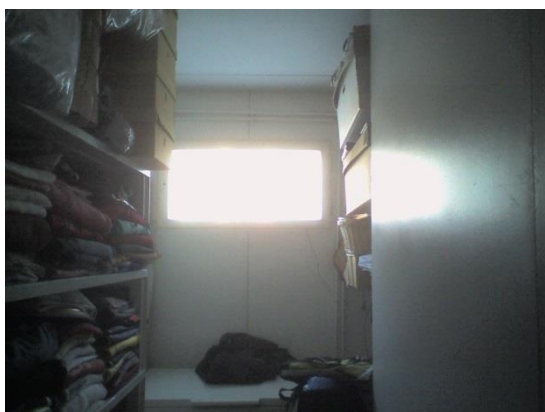
KUVA 28. Mittapiste 6



KUVA 29. Saunan ikkuna



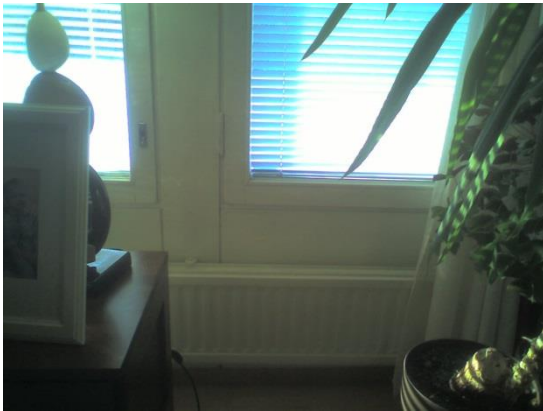
KUVA 30. Lämpökamerakuva saunan ikkunasta



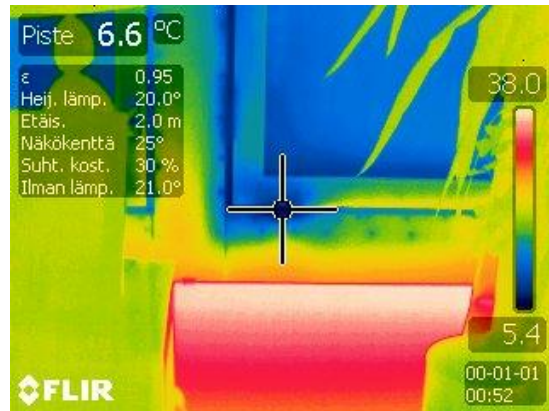
KUVA 31. Vaatehuoneen ikkuna



KUVA 32. Lämpökamerakuva vaatehuoneen ikkunasta



KUVA 33. Olohuoneen ikkuna



KUVA 34. Lämpökamerakuva olohuoneen ikkunasta



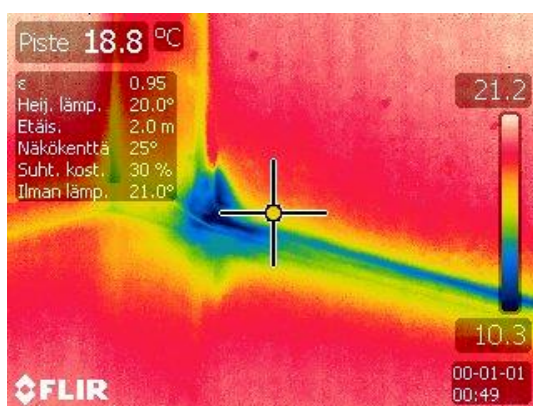
KUVA 35. MH2, lattian ja seinän liittymä



KUVA 36. Kuvan 35 kohta lämpökameralla



KUVA 37. Ovi olohuoneesta takapihalle

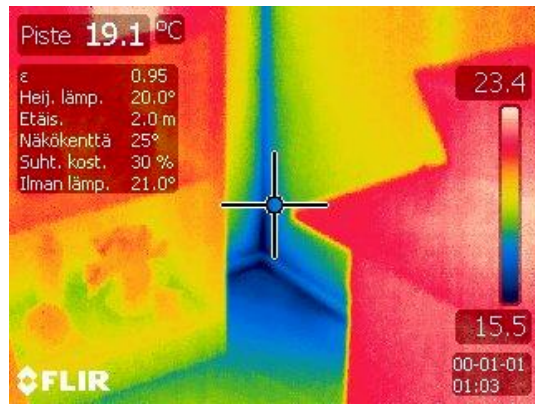


KUVA 38. Kuvan 37 kohta lämpökameralla





KUVA 39. Makuuhuoneen nurkka, MH3



KUVA 40. Kuvan 39 kohta lämpökameralla

**US 1**

Rakennekerros	Kerospaksuus	Lämmönjohtavuus	R <sub>puu</sub>	R <sub>villa</sub>	R <sub>puu+villa</sub>	
	(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	(m <sup>2</sup> K/W)	(m <sup>2</sup> K/W)	
Pintavastus R <sub>si</sub>			0,13	0,13	0,13	
lastulevy	0,01	0,14	0,071	0,071	0,071	
höyrynsulku	0,0002		0,02	0,02	0,02	
Pystyrunko	0,15	0,12	1,25			
min.villa	0,15	0,05		3,000	2,687	
Tuulensuoja	0,013	0,065	0,2	0,2	0,2	
Pintavastus R <sub>se</sub>	ilmaväliin		0,13	0,13	0,13	
	rajoittuva					
			1,801	3,551	3,238	<b>U(C4)=</b>
						<b>0,31</b>
runkojako	600	osuus		R <sub>T''</sub>	3,238	alalikiarvo
puun osuus	50	0,083		R <sub>T'</sub>	3,285	ylälikiarvo
villan osuus	550	0,917		R <sub>T</sub>	3,262	
				<b>U =</b>	<b>0,31</b>	

**YP**

Rakennekerros	Kerospaksuus	Lämmönjohtavuus	R
	(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)
Pintavastus R <sub>se</sub>			0,04
puhallusvilla	0,3	0,06	5,000
mineraalivilla	0,175	0,055	3,182
höyrynsulku	0,0002		0,020
verhouspaneeli	0,016	0,12	0,133
Pintavastus R <sub>si</sub>			0,100
			8,4752
			U=1/R <sub>t</sub>
			<b>0,12</b>

\*\*kattokannattajia ei ole huomioitu U-arvon laskennassa. Tästä aiheutuvan virheen pienentämiseksi RakMk:n osan C4 luonnosversiossa 16.3.2012 esitetty ullakon ilmatilan lämmönvastus (Ru), joka tässä tapauksessa olisi 0,3 on jätetty myös huomioimatta.

**AP**

**Reuna-alueella**

Rakennekerros	Kerrospaksuus	Lämmönjohtavuus	R	
	(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	
Pintavastus R <sub>si</sub>			0,17	
parketti	0,014	0,12	0,117	
muovimatto	0,004	0,25	0,016	
betoni	0,06	1,7	0,035	
styrox	0,05	0,05	1,000	
styrox	0,05	0,05	1,000	
betoni	0,4	1,7	0,235	reunavahvistus
perusmaa			0,8	
			3,3733	
			U=1/R <sub>t</sub>	0,30

**Sisäalueella**

Rakennekerros	Kerrospaksuus	Lämmönjohtavuus	R	
	(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	
Pintavastus R <sub>si</sub>			0,17	
parketti	0,014	0,12	0,117	
muovimatto	0,004	0,25	0,016	
betoni	0,06	1,7	0,035	
styrox	0,05	0,05	1,000	
hiekk	0,05	0,9	0,056	
betoni	0,08	1,7	0,047	
salaojakerros	0,2		0,200	(C4)
perusmaa			3,2	
			4,8406	
			U=1/R <sub>t</sub>	0,21

osuudet: reuna 0,267, sisä 0,733 ...käytetään arvoa 0,24

**US 1 lisäeristetyiltä osin**

Rakennekerros	Kerros- paksuus	Lämmön- johtavuus	$R_{puu}$	$R_{villa}$	$R_{puu+villa}$	
	(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	(m <sup>2</sup> K/W)	(m <sup>2</sup> K/W)	
Pintavastus $R_{si}$			0,13	0,13	0,13	
SPU-Anselmi 40	0,04	0,027	1,481	1,481	1,481	
Pystyrunko	0,15	0,12	1,25			
min.villa	0,15	0,05		3,000	2,687	
Tuulensuoja	0,013	0,065	0,2	0,2	0,2	
Pintavastus $R_{se}$	ilmaväliin		0,13	0,13	0,13	
	rajoittuva					
			3,191	4,941	4,628	<b>U(C4)=</b>
						<b>0,22</b>
runkojako	600	osuus			$R_T''$	4,628 alalikiarvo
puun osuus	50	0,083			$R_T'$	4,726 ylälikiarvo
villan osuus	550	0,917			$R_T$	4,677

**U = 0,21**

Uusi keskimääräinen U-arvo ulkoseinille on 0,27



**Ilmanvuotoluku**

$$q_{50} = (n_{50} / A_{\text{vaippa}}) * V$$

$A_{\text{vaippa}}$	427,1
$V$	377,5
$n_{50}$	7

$$q_{50} = 6,18708 \text{ m}^3/\text{h m}^2$$

**Vuotoilman määrä RakMK:n osan D5 mukaan**

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = (q_{50}/3600 * x) * A_{\text{vaippa}}$$

$x$  = kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = 0,02097 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

**Vuotoilman lämmittämisen tarvitsema energia RakMK:n osan D5 mukaan**

$$Q_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v,\text{vuotoilma}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

jossa

$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
$\rho_i$	ilman tiheys, $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, $1000 \text{ J}/(\text{kg K})$
$Q_{v,\text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, $\text{m}^3/\text{s}$
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

kuukausi	T, ulko °C	T, sisä °C	aika [h]	Q <sub>vuotoilma</sub> [kWh]
tammi	-8	19	744	505,55
helmi	-7,1	19	672	441,40
maalis	-3,53	19	744	421,85
huhti	2,42	19	720	300,43
touko	8,84	19	744	190,24
kesä	13,39	19	720	101,65
heinä	15,76	19	744	60,67
elo	13,76	19	744	98,11
syys	9,18	19	720	177,94
loka	4,07	19	744	279,55
marras	-1,76	19	720	376,17
joulu	-5,92	19	744	466,60
vuosi	3,43			3420,16 kWh

Korvausilmavirta RakMk:n osan D3 mukaan 0,4 dm<sup>3</sup>/(s m<sup>2</sup>)

0,0604 m<sup>3</sup>/s

Ilmanvaihdon lämmitys RakMK:n osan D5 mukaan

$$Q_{iv,korvausilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,korvausilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

kuukausi	T, ulko °C	T, sisä °C	aika [h]	Q <sub>vuotoilma</sub> [kWh]
tammi	-8	19	744	1455,98
helmi	-7,1	19	672	1271,24
maalis	-3,53	19	744	1214,93
huhti	2,42	19	720	865,24
touko	8,84	19	744	547,88
kesä	13,39	19	720	292,76
heinä	15,76	19	744	174,72
elo	13,76	19	744	282,57
syys	9,18	19	720	512,46
loka	4,07	19	744	805,10
marras	-1,76	19	720	1083,37
joulu	-5,92	19	744	1343,81
vuosi	3,43			9850,07 kWh

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve RakMK:n osan D3 mukaan

$$Q_{\text{kv,netto}} = 35 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) * A_{\text{netto}}$$

$$Q_{\text{kv,netto}} = 5285 \text{ kWh/a} \quad (\text{max } 4200 \text{ kWh/a, YM asetus 5/2013})$$

eli

$$Q_{\text{kv,netto}} = 4200 \text{ kWh/a}$$

### Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt

Ei kiertojohtoa käytössä, joten ei oteta laskennassa huomioon

### Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt

$$Q_{\text{kv,varastointi}} = 440 \text{ kWh/a} \quad (\text{varaajan tilavuus } 50 \text{ dm}^3 \text{ ja eristys } 40 \text{ mm, YM asetus 176/2013})$$

### Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluva kokonaisenergia

$$Q_{\text{lämmitys, kv}} = (Q_{\text{kv,netto}} / \eta_{\text{kv,siirto}}) + Q_{\text{kv,varastointi}}$$

$$(4200/0,75) + 440$$

$$6040 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{\text{tila, yht}} = 38460 \text{ kWh/a}$$

### Lämpökuorma ihmisistä

$$Q_{\text{henk}} = ((129 \text{ m}^2) * (2\text{W}/\text{m}^2) * 0,6 * 8760 \text{ h}) / 1000$$

$$= 1356 \text{ kWh/a}$$

### Lämpökuorma valaistuksesta

$$Q_{\text{valaistus}} = ((151 \text{ m}^2) * (8\text{W}/\text{m}^2) * 0,1 * 8760 \text{ h}) / 1000$$

$$= 1058 \text{ kWh/a}$$



**Lämpökuorma kuluttajalaitteista**

$$Q_{\text{laitteet}} = ((151 \text{ m}^2) * (3 \text{ W/m}^2) * 0,6 * 8760 \text{ h}) / 1000$$

$$= 2381 \text{ kWh/a}$$

**Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpökuorma**

$$Q_{\text{kv, varastointi, kuorma}} = 0,5 * Q_{\text{kv, varastointi}}$$

$$= 220 \text{ kWh/a}$$

**Ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia**

$$Q_{\text{aur}} = G_{\text{säteily, pystypinta}} * F_{\text{läpäisy}} * A_{\text{ikk}} * g$$

jossa

 $G_{\text{säteily, pystypinta}}$ 

auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnalle

 $F_{\text{läpäisy}}$ 

säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin

 $A_{\text{ikk}}$ 

ikkuna-aukon pinta-ala

 $g$ 

valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin

$$g = 0,63$$

$$0,63 \quad \text{3-lasinen ikkuna}$$

$$F_{\text{läpäisy}}$$

$$0,5$$

Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille RakMK:n osan D3 mukaan (koko vuoden ka)

pohjoinen	418 kWh/m <sup>2</sup>	3,48 m <sup>2</sup>
itä	615,6 kWh/m <sup>2</sup>	2,36
etelä	811,7 kWh/m <sup>2</sup>	10,1
länsi	605,1 kWh/m <sup>2</sup>	2,16

$$Q_{\text{aur, pohj}} \quad 458,21 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{aur, itä}} \quad 457,64 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{aur, etelä}} \quad 2582,42 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{aur, länsi}} \quad 411,71 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{aur}} \quad 3909,98 \text{ kWh}$$

**Lämpökuormat yhteensä**

$$Q_{\text{lämpökuormat}} = Q_{\text{henkilöt}} + Q_{\text{valaistus}} + Q_{\text{laitteet}} + Q_{\text{käyttövesi}} + Q_{\text{aurinko}}$$

$$Q_{\text{lämpökuormat}} = 1356 \text{ kWh/a} + 1058 \text{ kWh/a} + 2381 \text{ kWh/a} + 220 \text{ kWh/a} + 3909,98 \text{ kWh/a}$$

8924,98 kWh/a

Lämpökuormien hyödyntämisasteeksi katsotaan tässä yhteydessä 0,9 ilman tarkkoja laskelmia.

$$Q_{\text{lämpökuormat, netto}} = 8032,48 \text{ kWh/a}$$

**Lämmitysenergian nettotarve**

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{lämpökuormat, netto}}$$

$$= 30427 \text{ kWh}$$

(tämä lämmöntarve pitää kattaa talon lämmitysjärjestelmällä)

**Lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus**

(pesuhuoneen sähköisen lattialämmityksen katsotaan tuottavan 2000 kWh/a, (arvio))

$$Q_{\text{lämmitys, patterit, netto}} = Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} - 2000 \text{ kWh}$$

$$= 28427 \text{ kWh}$$

$$\eta_{\text{lämmitys, patterit}} = 0,81$$

$$\eta_{\text{lämmitys, latt, sähkö}} = 0,85$$

$$Q_{\text{lämmitys, patterit}} = 35096 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{lämmitys, latt, sähkö}} = 2353 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{lämmitys, tilat}} = Q_{\text{lämmitys, patterit, netto}} / \eta_{\text{lämmitys, patterit}} + Q_{\text{lämmitys, latt, sähkö}} / \eta_{\text{lämmitys, latt, sähkö}}$$

$$= 37449 \text{ kWh}$$

Lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus

**Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus RakMk:n osan D5 mukaan**

$$W_{\text{lämmitys}} = W_{\text{tilat}} + W_{\text{tuotto,apu}} + W_{\text{LP,lämmitys}}$$

jossa

$W_{\text{tilat}} =$	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus $W_{\text{tilat}} = 2 \text{ kWh/a m}^2 * 151 \text{ m}^2$	302 kWh/a	
$W_{\text{tuotto,apu}} =$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus $W_{\text{tuotto,apu}} = 0,99 \text{ kWh/a m}^2 * 151 \text{ m}^2$	149,49 kWh/a	
$W_{\text{LP,lämmitys}} =$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus	0 kWh/a	(kun ei pump- pua)
$W_{\text{lämmitys}} = (302 + 149,49) \text{ kWh/a}$		451,49 kWh/a	

**RAKENNUKSEN TILOJEN TARVITSEMA LÄMMITYSTEHO**

Mitoituslämpötila vyöhykkeellä 3 RakMk:n osan D3, liitteen 2 mukaan on -32 °C.

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve RakMK D5:n mukaan

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{joht}} + \phi_{\text{vuotoilma}} + \phi_{\text{tuloilma}} + \phi_{\text{korvausilma}}$$

jossa

$\phi_{\text{tila}}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W
$\phi_{\text{joht}}$	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, W
$\phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
$\phi_{\text{tuloilma}}$	teho tuloilman lämmittämiseen tilassa, W
$\phi_{\text{korvausilma}}$	teho korvausilman lämmittämiseen tilassa, W.

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho

$$\phi_{\text{joht}} = \phi_{\text{ulkoseinä}} + \phi_{\text{yläpohja}} + \phi_{\text{alapohja}} + \phi_{\text{ikkuna}} + \phi_{\text{ovi}} + \phi_{\text{muu}} + \phi_{\text{kylmäsililat}}$$

jossa

$\phi_{\text{joht}}$	johtumislämpöteho rakennusvaipan läpi, W
$\phi_{\text{ulkoseinä}}$	johtumislämpöteho ulkoseinien läpi, W
$\phi_{\text{yläpohja}}$	johtumislämpöteho yläpohjien läpi, W
$\phi_{\text{alapohja}}$	johtumislämpöteho alapohjien läpi, W
$\phi_{\text{ikkuna}}$	johtumislämpöteho ikkunoiden läpi, W
$\phi_{\text{ovi}}$	johtumislämpöteho ulko-ovien läpi, W
$\phi_{\text{muu}}$	johtumislämpöteho tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, W
$\phi_{\text{kylmäsililat}}$	johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi, W.

lämpöhäviöt hot rakennusosien läpi (RakMk D5 kaava 9.4)

$$\phi_i = \sum U_i A_i (T_s - T_{u,mit})$$

$T_s$	19 °C	$T_s - T_{u,mit}$	51 °C
$T_{u,mit}$	-32 °C		

$$\phi_{joht} = 7234,17 \text{ W} \quad (\text{viivamaista lisäkonduktanssia ei huomioitu})$$

$$7400 \text{ W}$$

vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve (RakMk D5 kaava 9.6)

$$\phi_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v, vuotoilma} (T_s - T_{u,mit})$$

$\rho_i$	1,2
$c_{pi}$	1000
$q_{v, vuotoilma}$	= 0,02097 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
$\phi_{vuotoilma}$	= 1283,50 W

korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve (RakMk D5 kaava 9.8)

$$\phi_{korvausilma} = \rho_i c_{pi} q_{v, korvausilma} (T_s - T_{u,mit})$$

$$q_{v, korvausilma} = 0,0604 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\phi_{korvausilma} = 3696,48 \text{ W}$$

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve

$$\phi_{tila} = \phi_{joht} + \phi_{vuotoilma} + \phi_{korvausilma}$$

$$\phi_{tila} = 12380 \text{ W}$$

**Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve**

$$Q_{\text{lämmitys, tilat}} = 37449 \text{ kWh}$$

**Lämpimän käyttöveden lämmittämisen lämpöenergian tarve**

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = 6040 \text{ kWh}$$

**Ulkovaipan johtumishäviö**

$$Q_{\text{joht}} = 19149,75 \text{ kWh}$$

**Ilmanvaihdon korvausilman lämmitys**

$$Q_{\text{iv, korvausilma}} = 9850,07 \text{ kWh}$$

**Vuotoilman lämmitys**

$$Q_{\text{vuotoilma}} = 3420,16 \text{ kWh}$$

**Lämpöenergian tarve jakojärjestelmittäin**

$$Q_{\text{lämmitys, patterit}} = 35096 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{lämmitys, sähkö}} = 2353 \text{ kWh}$$

**LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN OSTOENERGIANKULUTUS**

$$Q_{\text{lämmitys, patterit, kulutus}} = Q_{\text{lämmitys, patterit}} / \eta_{\text{tuotto, öljy}}$$

$$= 43328 \text{ kWh}$$

$$\eta_{\text{tuotto, öljy}} = 0,81$$

$$\eta_{\text{tuotto, sähkö}} = 1$$

$$Q_{\text{lämmitys, sähkö, kulutus}} = Q_{\text{lämmitys, sähkö}} / \eta_{\text{tuotto, sähkö}}$$

$$= 2353 \text{ kWh}$$

$$2804 \text{ kWh}$$

(sis. Jakojärjestelmän ja apulaitteiden sähkönkulutus)

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, kulutus}} = 46132 \text{ kWh}$$

(tilojen lämmitys yhteensä)

**KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYKSEN OSTOENERGIAN KULUTUS**

$$Q_{\text{lämmitys, lkv, kulutus}} = Q_{\text{lämmitys, lkv}} / \eta_{\text{tuotto, lkv}}$$

$$Q_{\text{lämmitys, lkv, kulutus}} = 7457 \text{ kWh}$$

**Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus**

$$W_{\text{lämmitys}} = W_{\text{tilat}} + W_{\text{tuotto, apu}} + W_{\text{LP, lämmitys}}$$

$$W_{\text{lämmitys}} = 451,49 \text{ kWh}$$

**Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve** $Q_{\text{lämmitys, tilat}} = 32148 \text{ kWh}$ **Lämpimän käyttöveden lämmittämisen lämpöenergian tarve** $Q_{\text{lämmitys, lkv}} = 6040 \text{ kWh}$ **Ulkovaipan johtumishäviö** $Q_{\text{joht}} = 16645,37 \text{ kWh}$ **Ilmanvaihdon korvausilman lämmitys** $Q_{\text{iv, korvausilma}} = 9850,07 \text{ kWh}$ **Vuotoilman lämmitys** $Q_{\text{vuotoilma}} = 1954,38 \text{ kWh}$ **Lämpöenergian tarve jakojärjestelmittäin** $Q_{\text{lämmitys, patterit}} = 28095 \text{ kWh}$  $Q_{\text{lämmitys, sähkö}} = 2353 \text{ kWh}$  $Q_{\text{lämmitys, tulisija}} = 1700 \text{ kWh}$ **LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN OSTOENERGIANKULUTUS**

$$Q_{\text{LP, lämmitys, tilat}} = Q_{\text{lämmitys, tilat}} - Q_{\text{lämmitys, tulisija}} - Q_{\text{lämmitys, sähkö}}$$

 $Q_{\text{LP, lämmitys, tilat}} = 28095 \text{ kWh}$  $Q_{\text{LP, lämmitys, LKV}} = 5829 \text{ kWh}$ 

$$W_{\text{LP, lämmitys}} = (Q_{\text{LP, lämmitys, tilat}} / \text{SPF}_{\text{tilat}}) + (Q_{\text{LP, lämmitys, LKV}} / \text{SPF}_{\text{LKV}})$$

 $W_{\text{LP, lämmitys}} = 12392 \text{ kWh}$ **käyttöveden lisälämmityksen sähköenergiankulutus** $\text{SPF}_{\text{tilat}} = 2,85$  $W_{\text{lisälämmitys, LKV}} = 211 \text{ kWh}$  $\text{SPF}_{\text{LKV}} = 2,3$  $\eta_{\text{tuotto, sähkö}} = 1$ 

$$Q_{\text{lämmitys, sähkö, kulutus}} = Q_{\text{lämmitys, sähkö}} / \eta_{\text{tuotto, sähkö}} = 2353 \text{ kWh}$$

 $\eta_{\text{tuotto, tulisija}} = 0,5$ 

$$Q_{\text{lämmitys, tulisija, kulutus}} = Q_{\text{lämmitys, tulisija}} / \eta_{\text{tuotto, tulisija}} = 3400 \text{ kWh}$$

 $Q_{\text{lämmitys, tilat, kulutus}} = 18357 \text{ kWh}$  (tilojen lämmitys yhteensä)**Ostoenergia<sub>sähkö</sub>** = 14957 kWh**Ostoenergia<sub>puu</sub>** = 3400 kWh

**Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve**

$$\phi_{\text{tila}} \quad 11830 \text{ W} \quad [-32 \text{ °C}]$$

**Lämpöpumpun lämmityste-  
ho**

$$\phi_{\text{tila}} \quad 8800 \text{ W}$$

**Lämpöpumpun suhteellinen lämpöteho**

$$\phi_{\text{lpn}}/\phi_{\text{tila}} \quad 0,74$$

**Tilojen ja käyttöveden vuotuinen lämmitysenergioiden suhde**

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}}/Q_{\text{lämmitys,LKV}} \quad 5,3$$

**Maalämpöpumpun suhteellinen lämpöenergia** (Lämpöpumppujen energialaskentaopas, taulukko 1, YM)

$$Q_{\text{lp}}/Q_{\text{lämmitys,tilat,LKV}} \quad 0,965 \quad (\text{menoveden lämpötila } 45 \text{ °C})$$

**Tilojen lisälämmitysenergia**

$$Q_{\text{lisälämmitys,tilat}} \quad 1125 \text{ kWh}$$

**Käyttöveden lämmityksen lisälämmitysenergia**

$$Q_{\text{lisälämmitys,LKV}} \quad 211 \text{ kWh}$$

**Lämpöpumpun tuottama lämmitysenergia tiloille**

$$Q_{\text{LP,lämmitys,tilat}} \quad 31023 \text{ kWh}$$

**Lämpöpumpun tuottama lämmitysenergia käyttövedelle**

$$Q_{\text{LP,lämmitys,LKV}} \quad 5829 \text{ kWh}$$

$$\text{SPF}_{\text{tilat}} \quad 2,85 \quad (\text{menoveden lämpötila } 45 \text{ °C})$$

$$\text{SPF}_{\text{LKV}} \quad 2,3 \quad (\text{käyttövesi } 60 \text{ °C})$$

**Lämpöpumpun ja apulaitteiden sähköenergiankulutus**

$$W_{\text{LP,lämmitys}} \quad 13420 \text{ kWh}$$